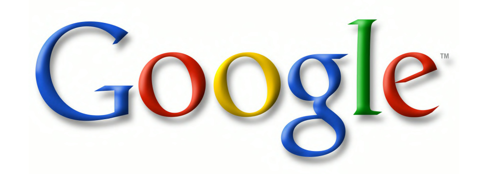
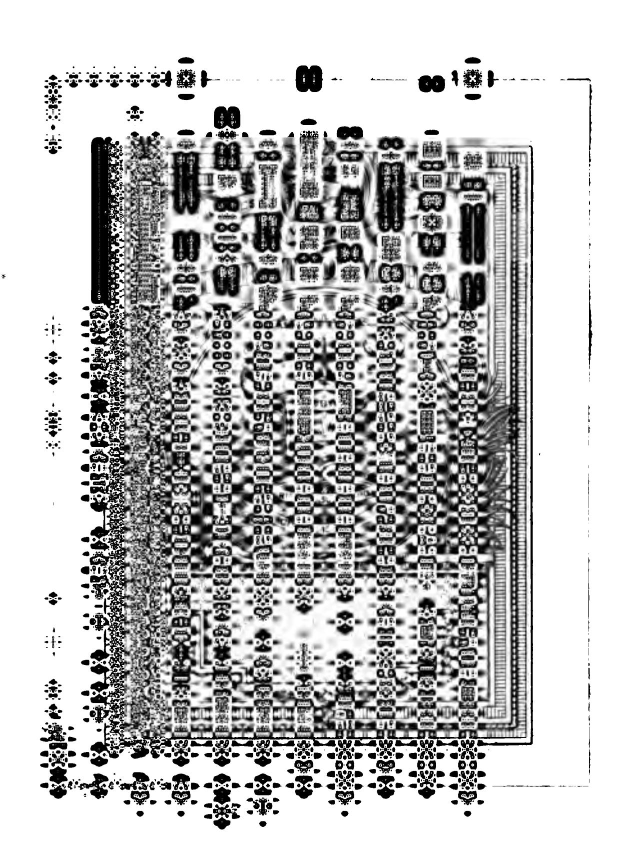
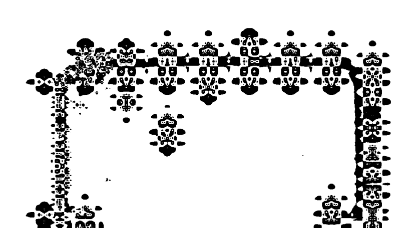






RECHERCHES
SUR
LES MODIFICATIONS
DE L'ATMOSPHÈRE,

CONTENANT l'Histoire critique du Baromètre & du Thermomètre, un Traité sur la construction de ces Instrumens, des Expériences relatives à leurs usages, & principalement à la *mesure* des *Hauteurs* & à la correction des *Réfractions moyennes ;*

AVEC FIGURES :

DÉDIÉES

A MM. de l'Académie Royale des Sciences de Paris.

Par J. A. DE LUC, Citoyen de Genève, Correspondant des Académies Royales des Sciences de Paris & de Montpellier.

NOUVELLE ÉDITION.

TOME SECOND.

Sunt aliquot quoque res, quarum unam discere causam
Non satis est.

LUCRET. De naturâ rerum, Lib. VI.

A PARIS,

Chez la Veuve DUCHESNE, Libraire, rue Saint-Jacques.

M. DCC. LXXXIV.

Avec Approbation & Privilège du Roi.

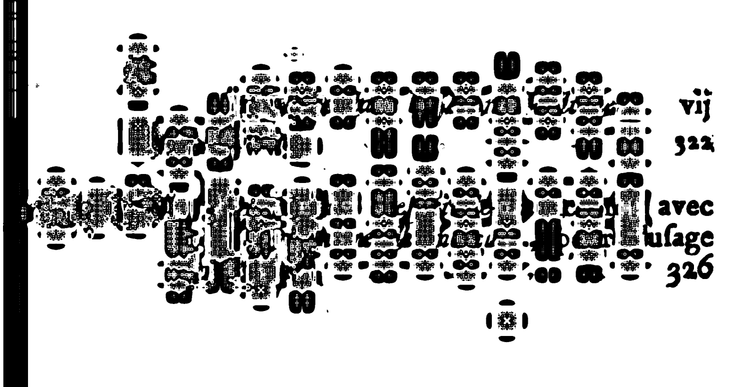


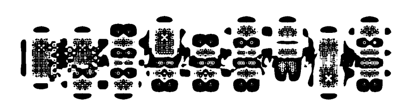
TABLE DES CHAPITRES

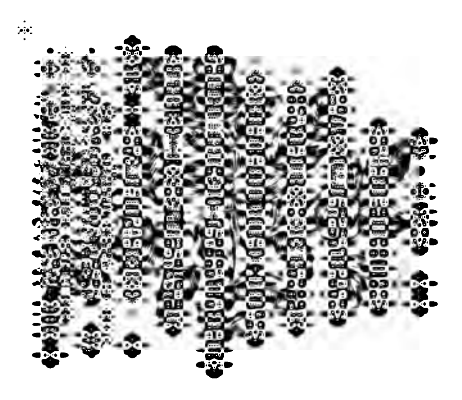
CONTENUS DANS LE SECOND VOLUME; ET DE LEURS DIVISIONS,

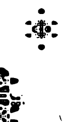
SECONDE PARTIE.

Expériences sur la construction & l'usage du Baromètre *& du* Thermomètre.



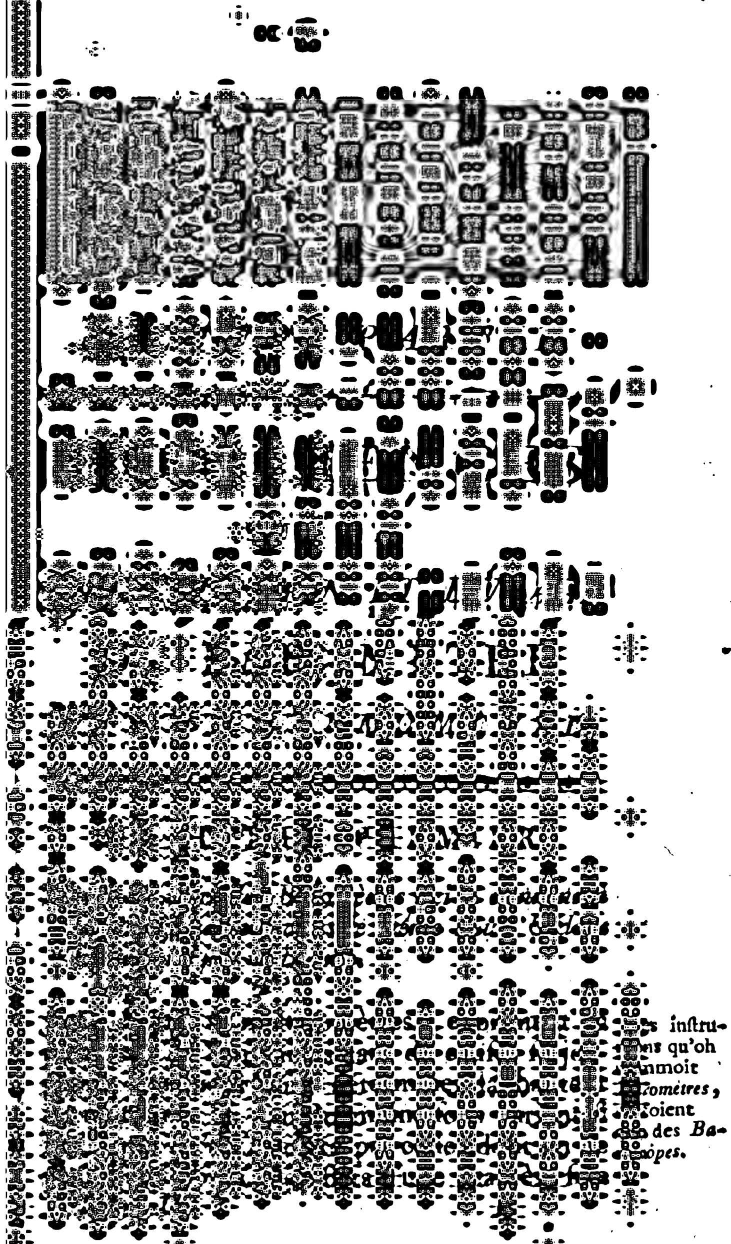








SECONDE



s instru-
ons qu'on
nmoit
cométres,
oient
des *Ba-*
opes.

& certaine, la plupart des Baromètres auront un langage particulier; & une même hauteur du mercure ne correspondra pas toujours à un même poids de l'Atmosphère.

Les Baromètres ordinaires sont rarement d'accord entr'eux.

341. Lorsque je fis des Baromètres pour la première fois, je remarquai qu'ils se tenoient presque tous à des hauteurs différentes, quoique construits en apparence de la même manière. Cette observation ayant été faite avant moi, je n'en fus pas surpris; mais j'eus lieu de l'être quand je m'apperçus que leurs rapports ne se conservoient pas les mêmes, soit en les laissant dans le même état, soit en les vuidant & remplissant à diverses fois.

Et ne conservent pas les mêmes rapports en tout tems.

Cette imperfection des Baromètres que l'expérience venoit de m'apprendre, fut la principale cause de l'attention que je donnai à ces instrumens, & l'origine de tous mes travaux sur cette matière. Une première découverte en facilite de nouvelles; on marche d'abord à grands pas, & quand les difficultés se présentent, on est sollicité aux plus grands efforts, par le regret de perdre le fruit de ses peines, & la difficulté de renoncer aux espérances qui naissent toujours des premiers succès.

Baromètres purgés d'air par le feu.

Lorsqu'on fait bouillir le mercure dans un Baromètre, il devient ordinairement lumineux.

342. J'avois déjà fait bien des tentatives pour découvrir les causes de la différence de rapport des mêmes Baromètres en divers tems, lorsque je vis pour la première fois ces Italiens qui travaillent en verre, faire bouillir le mer-

cure dans les tubes, pour rendre les Baromètres lumineux quand on les agite dans l'obscurité.

343. Ce Phénomène dont je n'avois encore alors qu'une connoissance imparfaite, attira mon attention : je fis bouillir le mercure dans mes Baromètres, ils devinrent presque tous lumineux. J'ai rapporté dans la I. PARTIE de cet Ouvrage (86 & *suiv.*) mes recherches sur la cause de ce phénomène, afin de ne pas arrêter ici l'attention de mes Lecteurs sur un objet qui ne tient pas essentiellement à la bonne construction du Baromètre : je n'y donnai pas moi-même beaucoup d'attention d'abord; j'en fus détourné par un effet plus important de l'opération du feu sur mes Baromètres; elle fit disparoître en grande partie les différences de hauteur que j'avois remarquées entr'eux jusqu'alors. Importance réelle de cette opération.

344. On peut se représenter l'état des Baromètres avant cette opération, en remplissant d'abord un tube de quelque liqueur fortement colorée : si l'on y verse alors du mercure, la liqueur lui fera place; mais elle laissera sur le tube un enduit que sa couleur rendra visible; & lorsqu'on redressera le Baromètre, la portion de liqueur qui étoit attachée au haut du tube s'écoulant peu-à-peu, formera une couche sensible au-dessus du mercure, mais elle s'appliquera de nouveau contre les parois, lorsqu'on inclinera le Baromètre. Image d'un Baromètre qui n'a pas été purgé d'air par le feu.

345. Plusieurs expériences prouvent que l'air s'attache à la surface des corps. Tous L'air, comme la plupart des au-

tres fluides, s'attache à la surface des corps solides. ceux qu'on met dans l'eau sous le récipient de la machine du vuide, se couvrent au premier coup de pompe d'une quantité de bulles d'air, & cette première ébullition est presqu'entièrement produite par la dilatation d'une couche d'air qui tapisse les corps solides quoiqu'ils soient plongés dans l'eau.

Celui qui tapisse l'intérieur des tubes agit par son élasticité pour faire descendre le mercure. 346. L'air doit donc produire à bien des égards, dans les Baromètres, les mêmes effets que la liqueur dont j'ai parlé : mais il y a cette différence essentielle, qu'étant un fluide élastique, il en échappe du mercure même lorsque le vuide se fait; cette portion se joint à celle qui se détache des parois du tube, & le tout ensemble agit par son ressort pour presser le mercure & le faire descendre.

Il produit la plus grande partie des différences de hauteur dans les Baromètres ordinaires. 347. C'est de-là que proviennent principalement les grandes différences qu'on remarque entre les Baromètres dont l'air n'a pas été chassé par le feu; différences dont les rapports varient, & qui peuvent avoir lieu dans le même tube, quand on le remplit à diverses fois.

Idée de cette différence fournie par le calcul. Pour concevoir l'effet que peut produire l'air renfermé au sommet du Baromètre, rappelons-nous cette proposition démontrée par Boyle (244) & par Mariotte (247), que *les dilatations de l'air sont en raison inverse des poids dont il est chargé;* d'où découle cette autre proposition, que *les volumes d'une même quantité d'air sont proportionnels aux poids qui la compriment.* Je suppose que dans un Baromètre, dont la colonne de mercure se tient à deux pouces au-dessous de l'extrémité supé-

rieure du tube, la quantité d'air qui s'eſt raſſemblé dans cet eſpace abandonné par le mercure, ſoit équivalente à $\frac{1}{4}$ de ligne d'air condenſé par le poids de l'Atmoſphère & meſuré dans le tube. Cet air occupe un eſpace qui eſt à $\frac{1}{4}$ de ligne, comme 96 à 1, (2 pouc. = $\frac{96}{4}$ de lig.); ainſi, par le principe ci-deſſus, il reſte chargé de la 96[me]. partie du poids de l'Atmoſphère qui eſt en équilibre avec lui, & qui par conſéquent ne pèſe pas ſur le mercure : la colonne de ce liquide qui eſt ſoutenue par le reſte du poids de l'Atmoſphère, n'a donc que les $\frac{95}{96}$ de la hauteur qu'elle auroit s'il n'y avoit point d'air renfermé dans le tube au-deſſus d'elle; & ſi le poids de l'Atmoſphère eſt équivalant à celui de 28 pouces de mercure, la colonne de ce Baromètre n'aura que 27 p. 8 l. $\frac{1}{2}$, c'eſt-à-dire, qu'elle différera de 3 l. $\frac{1}{2}$ de la colonne d'un Baromètre qui ſera parfaitement purgé d'air. Il ſemble d'abord que, pour diminuer cette différence, il ſuffiroit de prendre des tubes plus longs, afin que l'air occupât un plus grand eſpace; que par exemple, dans un Baromètre dont le *vuide* ſeroit de 4 pouces, la différence ne ſeroit que d'1 l. $\frac{3}{4}$, qu'elle ſeroit réduite à 1 lig. ſi le *vuide* étoit de 7 pouces, &c. Mais, outre que ces différences, & de bien plus petites, ſont importantes, à meſure que l'étendue du *vuide* augmente dans un Baromètre, il s'échappe de l'air, tant du mercure que de la couche qui tapiſſe le tube, tellement qu'il s'en faut de beaucoup, que la diminution de la diffé-

rence produite par l'air renfermé sur la hauteur de la colonne du Baromètre, diminue proportionnellement à l'augmentation de l'étendue du *vuide*.

Explication des variétés

348. Il est aisé de concevoir quelles peuvent être les causes des différences qu'on remarque dans la hauteur de divers Baromètres, & dans celle du même Baromètre rempli à diverses fois : car 1°. l'enduit d'air qui tapisse les tubes intérieurement, n'est pas toujours également dense, ni d'une même épaisseur ; la nature de leurs surfaces, celle des saletés dont elles peuvent être plus ou moins couvertes, produisent à cet égard de grandes différences. 2°. Quand on chasse l'air d'une manière aussi arbitraire que par l'introduction du mercure dans un tube, on peut en laisser plus une fois qu'une autre. 3°. Le mercure lui-même peut en être chargé différemment. 4°. Le ressort de l'air est augmenté ou diminué par des causes accidentelles, & sur-tout par l'humidité ; de sorte qu'en divers tems & en différens lieux, celui qui reste dans un même tube peut être plus ou moins élastique. 5°. Enfin, l'influence de la chaleur sur les Baromètres varie suivant les cas dont je viens de faire mention.

Il faut écarter toutes les causes dont on ne peut mesurer les effets.

349. Mais s'il est facile de comprendre que toutes ces causes produisent réellement les différences dont il s'agit, il est très-difficile, & peut-être même impossible, de les reconnoître dans chaque cas particulier lorsqu'elles sont réunies, & de déterminer la quantité d'effet de chacune d'elles séparément. La der-

nière, seule, je veux dire la chaleur, étant indépendante des combinaisons dont j'ai parlé, peut être soumise à des règles, pourvu qu'on ait soin d'écarter toutes les autres causes.

Effets de la chaleur sur les Baromètres.

350. On a pensé depuis long-tems que la chaleur doit influer sur les Baromètres; mais ce qu'on a dit jusqu'à présent sur cette matière, ne l'a pas suffisamment éclaircie, parce qu'on ne s'est pas fondé sur des expériences directes. Il étoit naturel de juger que le mercure étant dilatable par la chaleur comme tous les autres corps, n'est pas toujours d'une égale pesanteur spécifique; & que par conséquent, à poids égal de l'Atmosphère, la colonne du Baromètre doit être plus ou moins longue, suivant le dégré de chaleur dont elle est affectée: mais la route qu'on a suivie pour déterminer les effets de cette cause, a produit de grandes erreurs. On a cherché simplement, quelle est la proportion dans laquelle le mercure se dilate pour une augmentation de chaleur donnée, & l'on a transporté au Baromètre ce qui ne pouvoit convenir qu'au mercure considéré en lui-même, ne réfléchissant pas que sa dilatabilité se combine avec d'autres causes, pour produire l'effet dont il est question: c'est ce qu'on a pu voir dans le récit que j'ai fait ci-devant de ces expériences (105 à 111).

Tentatives pour corriger les effets de la chaleur sur le Baromètre.

351. Dans la plûpart des expériences qu'on a faites sur la dilatabilité du mercure par la

Il falloit faire des recherches sur le

Baromètre même.

chaleur, on a employé des tubes ou d'autres vâses de verre qui sont dilatables par la même cause; c'est ce que prouve l'abbaissement instantané des Thermomètres au contact de l'eau bouillante : ainsi dans ces expériences, la dilatation du mercure étoit modifiée par celle des vâses. D'un autre côté, le mercure avoit un point d'appui fixe, & par conséquent ne pouvoit s'étendre que vers l'endroit où il n'étoit pas retenu. Il n'en est pas de même dans le Baromètre, la dilatabilité du tube ne s'y combine point avec celle du mercure ; la différence de pesanteur spécifique de ce liquide est la seule qui puisse influer sur sa hauteur au-dessus du *niveau*, celle du volume n'y entre pour rien. De plus, la dilatabilité du mercure est modifiée dans le Baromètre par deux causes; la première est la monture qui porte l'échelle sur laquelle la chaleur agit (362). La seconde est l'air, dont il reste toujours un peu dans le tube, & sur lequel on ne peut autre chose que de le réduire sûrement à une quantité toujours égale, par le moyen qu'on verra bientôt (359): or cet air, qui dans le Baromètre occupe le haut du tube, agit nécessairement pour empêcher le mercure de s'élever quand la chaleur le dilate. Il falloit donc opérer sur le Baromètre même pour connoître l'effet qu'y produit la chaleur; & si l'on avoit suivi cette méthode, elle auroit conduit fort loin vers la perfection de cet instrument.

Différence d'effets de la chaleur sur les Baromè-

352. Dès que j'eus observé la grande différence de hauteur des Baromètres purgés d'air par le feu, & de ceux qui ne le sont pas, je

compris que la chaleur devoit agir diverſement sur ces deux eſpèces de Baromètre. Quelques expériences générales me prouvèrent d'abord que ma conjecture étoit fondée; mais je fus obligé d'attendre l'hiver pour approfondir ce phénomène, afin d'avoir avec facilité de grandes différences de température. tres purgés d'air par le feu, & sur ceux qui ne le sont pas.

353. Lorſque le tems fut propre à mes obſervations, je plaçai dans une chambre pluſieurs Baromètres des deux eſpèces; & après avoir obſervé le point où ils étoient dans l'air naturel, j'échauffai la chambre par dégrés autant qu'il me fut poſſible. Je vis alors monter uniformément les Baromètres purgés d'air par le feu, tandis que les autres deſcendoient, mais ſans aucun accord; il y en eut même un qui ne fit preſqu'aucune variation. Je fis enſuite diſſiper la chaleur; alors les Baromètres qui étoient montés régulièrement, redeſcendirent de la même manière; tandis que les autres remontèrent diverſement comme ils étoient deſcendus, & ne ſe trouvèrent plus à la fin de l'expérience dans les mêmes rapports où ils étoient au commencement. Expériences ſur cette matière. La chaleur fait monter régulièrement les Baromètres purgés d'air par le feu. Elle fait deſcendre irrégulierement ceux qui ne le ſont pas.

354. Je reconnus par cette première épreuve, qu'il falloit abandonner l'idée de ſoumettre à des corrections pour la chaleur, les Baromètres qui n'étoient pas purgés d'air par le feu, puiſqu'il auroit fallu chercher une règle particulière pour chaque Baromètre de cette eſpèce. On ne peut établir une règle fixe pour connoître les effets de la chaleur ſur ces derniers.

Je tournai donc mes vues ſur les autres. Mais avant de rapporter mes expériences ſur ce ſujet, il eſt bon de détailler ce qui ſe paſſe

Mais on le peut pour ceux qui sont purgés d'air par le feu.

lorſqu'on fait bouillir le mercure dans un tube; on ſentira mieux enſuite la néceſſité de cette méthode en général, & comment en particulier elle rend les Baromètres ſuſceptibles de corrections pour la chaleur.

Influence de l'opération du feu dans les Baromètres, ſur les variations que la chaleur y produit.

Choix des tubes où l'on veut faire bouillir le mercure.

355. Pour qu'un tube ſoit propre à cette opération, il ne faut pas que le verre ſoit trop épais; car il ſeroit ſujet à ſe rompre. Quelque précaution qu'on puiſſe prendre, il eſt difficile que le verre ſoit échauffé, & par conſéquent dilaté en même téms à-peu-près au même dégré dans toute ſon épaiſſeur; & cependant ſi cela n'eſt pas, le verre ſe rompt infailliblement. D'ailleurs quand le verre eſt épais, le mercure ſoulevé par l'ébullition ſe refroidit plus promptement dans la portion du tube qui n'eſt pas échauffée; & retombant enſuite dans celle qui eſt expoſée à l'action du feu, il la refroidit bruſquement dans l'intérieur; ce qui produit en un inſtant une multitude de fêlures. Il faut donc pour plus de ſûreté n'employer que des tubes dont l'épaiſſeur n'excède pas demi-ligne. Si le tube étoit trop étroit, l'air n'en ſortiroit pas aiſément, & les mouvemens du mercure n'y ſeroient pas aſſez libres: le diamètre le plus convenable eſt de deux lignes & demie à trois lignes intérieurement.

Détail de cette opération.

356. Lorſqu'on veut faire bouillir le mercure, on doit remplir le tube de manière que

l'extrémité scellée étant en bas, il y ait en haut un espace vuide d'environ deux pouces; sans quoi il sortiroit du mercure pendant l'ébullition. Il faut avoir ensuite des charbons ardens dans un réchaud, placé sur le bord d'une table, en sorte que toutes les parties du tube puissent être successivement exposées à l'action du feu en passant obliquement sur le réchaud. On présente d'abord au feu le bout scellé du Baromètre, qu'on approche peu-à-peu jusqu'à ce qu'il soit dans la flamme. Quand le mercure commence à s'échauffer, il se tapisse au contact du verre d'une infinité de petites bulles d'air, qui se réunissant ensuite deviennent assez grosses pour s'échapper vers la partie élevée du tube; mais elles disparoissent presque totalement, lorsqu'elles atteignent les endroits qui ne sont pas encore échauffés; & ce n'est qu'après un grand nombre de semblables émigrations, qu'elles parviennent à s'échapper à cause du volume qu'elles acquièrent en se réunissant. Au bout d'un certain tems, qui varie suivant le dégré de chaleur & la quantité du mercure, l'ébullition commence. Le mercure s'agite alors violemment, & frappe contre le tuyau & contre lui-même d'une manière qui fait craindre, lorsqu'on n'y est pas accoutumé, que le tube ne se rompe. Dès que le bouillonnement a commencé, il est facile de l'entretenir d'un bout à l'autre du tube, en le faisant passer successivement dans la flamme.

Quand le mercure s'élance par l'ébullition, sa chaleur dilate l'air dans la partie du tube où il s'élève. Cette couche d'air se convertit

en une infinité de petites bulles imperceptibles, qui donnent au mercure une couleur d'un gris blanchâtre dans l'instant où le mercure reste suspendu, & qui se dissipent en grande partie lorsqu'il retombe : de sorte que, pendant les oscillations du mercure, on apperçoit une vicissitude de réflexions qui forment une sorte de chatoïement.

La plus grande partie de l'air qui sort du Baromètre vient de la surface interne du tube.

Il ne s'attache que lentement à cette surface, quand une fois il en a été chassé.

357. La plus grande partie de l'air qui sort du tube dans cette opération, se détache des parois du verre : & ce qu'il y a de très-remarquable à cet égard, est que lorsque cette couche d'air a été une fois détachée d'un tube, & que le mercure, ayant pris sa place, y a séjourné quelque tems, on peut vuider le tube, laisser rentrer l'air, & remettre du nouveau mercure qui n'a pas bouilli, sans que l'air s'attache au verre : c'est ce que j'ai reconnu par deux observations ; premièrement quand on fait bouillir le nouveau mercure, il ne commence point comme celui qui l'a précédé, par se couvrir de cette grande quantité de petites bulles d'air : cependant l'opération est semblable dans les deux cas, puisque dans l'un & dans l'autre, l'air qui remplissoit d'abord le tube, est remplacé par du mercure qui n'a pas bouilli. Il faut donc que ces petites bulles soient produites dans le premier cas par une couche d'air qui tapissoit le tube, & qui étant une fois chassée par le feu pendant que le tube est plein de mercure, ne se rétablit que bien lentement. La seconde observation, qui est une suite naturelle de la première, est que la hauteur du mercure dans un Baromètre

vuidé & rempli comme je viens de le dire, observée avant de le faire bouillir, diffère peu de sa hauteur après l'ébullition. Je conjecture de-là, que les tubes neufs, ou ceux qu'on n'a pas employés depuis long-tems, sont tapissés dans l'intérieur de particules impalpables de poussière & d'humidité (*a*), autour des-

(*a*) Il paroîtra peut-être extraordinaire à ceux qui ne connoissent pas les Verreries, que des tubes neufs puissent être tapissés intérieurement de poussière & d'humidité ; mais ils n'en seront pas surpris quand ils sauront comment se font les tubes de verre ; c'est ce que je vais dire en faveur de ceux qui n'ont pas eu occasion de l'apprendre plutôt. Il faut d'abord remarquer pour l'objet qui occasionne cette digression, que le sol des Verreries est recouvert d'une couche de cendres fines & mouvantes, que l'action du feu fait continuellement sortir des fourneaux, & qu'on laisse à dessein pour que les pièces de verre qui peuvent tomber par accident soient moins exposées à se rompre. Lorsqu'on veut faire des tubes, on range sur ces cendres, dans l'endroit le plus vaste & le plus commode de la Verrerie, un certain nombre de pièces du bois destiné au fourneau, paralleles les unes aux autres, & distantes d'environ trois pieds ; ce bois doit servir à recevoir les tubes. Le Verrier prend ensuite dans son creuset, au bout d'une sarbacane de fer, une masse de verre de la grosseur d'une petite boule à jouer, il l'arrondit en la faisant tourner assez rapidement dans une pièce de bois creusée pour cet effet & remplie d'eau ; la chaleur renfermée dans cette masse de verre est telle, que l'eau ne la refroidit pas sensiblement ; elle ne fait qu'empêcher que le bois ne se brûle, & que le verre ne s'y attache. Pour faire tourner la masse de verre, le Verrier fait rouler sa sarbacane entre ses mains : en d'autres ouvrages, il la fait rouler avec une main sur sa cuisse ; c'est-là son tour ; l'autre main façonne le verre ; des cizeaux & des pincettes sont presque tous ses outils. Après qu'il a bien arrondi la masse de verre destinée à faire les tubes,

quelles il se forme de petites Atmosphères qui se dilatent par la chaleur, & que le verre a

---

il souffle dedans par la sarbacane, plus ou moins, suivant l'espèce de tube qu'il veut faire. Pour des Thermomètres à mercure une bulle de demi-pouce suffit ; pour ceux du Baromètre il la faut beaucoup plus grosse. Quand tout est prêt pour la dernière opération, le Verrier se fait aider par un Manœuvre, qui attache à la masse de verre, par le point diamétralement opposé à la sarbacane, une branche de fer garnie à son extrémité d'un peu de verre fondu ; aussi-tôt ces deux hommes se mettent à courir en arrière & en sens contraire, le long des pièces de bois dont j'ai parlé, le Verrier ayant toujours la sarbacane à la bouche, & l'œil sur le long tuyau qu'il forme, pour le maintenir dans la grosseur qu'il souhaite. Ce tuyau vient bientôt trop long pour être soutenu par la sarbacane & la branche de fer, d'autant plus que les Ouvriers se baissent autant qu'ils peuvent pour éviter que le tube ne se courbe ; il repose alors sur les pièces de bois ; c'est-là l'usage. Si l'on fait des tubes de Baromètres dont le diamètre soit d'environ trois lignes, le tube total pourra se trouver de 20 à 25 pieds ; on le feroit même plus long s'il étoit nécessaire, en prenant une masse de verre plus grosse ; si ce sont des tubes de Thermomètres, on en peut faire près de 50 pieds en un seul bout. Les extrémités de ces longs tuyaux ne sont ordinairement d'aucune utilité, parce qu'elles sont trop en cône ; les meilleurs tubes sont ordinairement au milieu.

Je viens maintenant à la cause de l'introduction de la poussière & de l'humidité dans les tubes destinés à des Baromètres. Dès que le long tuyau est fait, le Verrier & son Manœuvre le rompent chacun de son côté, & alors il se trouve ouvert par les deux bouts ; son extrême chaleur diminue bientôt par l'augmentation de sa surface ; à mesure qu'elle diminue, l'air intérieur se condense, & l'air voisin s'y introduisant pour le remplacer, porte avec lui les cendres qui voltigent continuellement, & l'humidité si l'air est alors humide. Mais ce qui contribue le plus à cette introduction, c'est l'impatience des Ou-

lui-même de petites cavités à sa surface où l'air s'insinue. On voit distinctement ces espèces d'Atmosphères autour des petits corps étrangers qui se trouvent quelquefois engagés entre le verre & le mercure, & qui disparoissent par l'ébullition. L'opération du feu dissipe donc les particules impalpables de poussière & d'humidité avec leurs Atmosphères; elle chasse aussi l'air des petites cavités de la surface du verre; & quand on vient à ôter le mercure, l'air extérieur ne pouvant circuler librement dans le tube, parce qu'il est scellé par un bout, n'y transporte que bien lentement un nouvel enduit semblable à celui que le feu & le mercure ont chassé.

358. En faisant bouillir le mercure de plusieurs Baromètres, on observe une grande différence dans la quantité d'air qui s'en échappe. Souvent aussi l'on voit des bulles d'eau monter avec l'air en forme d'écume. L'intérieur de quelques tubes se ternit, & d'autres deviennent plus brillans qu'ils n'étoient avant de passer par le feu. J'ai dit ci-devant que tous les Baromètres ainsi préparés se tiennent à-peu-près à la même hauteur, & par cela même

Les effets du feu ne sont pas semblables dans tous les Baromètres.

vriers, qui, pour avancer plus promptement leur ouvrage, & avec des mains accoutumées au feu, coupent les tubes pendant qu'ils sont encore très-chauds, & les laissent quelquefois reposer tout ouverts sur les cendres. C'est donc une chose très-utile que de laisser totalement refroidir le long tube avant de le couper pour en faire de plus courts; & j'ai remarqué une différence sensible de netteté dans ceux pour lesquels j'ai fait prendre cette précaution.

les différences qu'on obſerve dans la hauteur des Baromètres dont le mercure n'a pas bouilli, ſont correſpondantes à la diverſité des phénomènes, qui accompagnent l'opération du feu; ces différences vont quelquefois juſqu'à huit lignes.

Les différences ſont relatives à celles qu'on obſerve dans les Baromètres avant l'opération.

359. C'eſt donc le plus ou le moins d'air renfermé dans le mercure, & entre le mercure & les parois du tube, de même que le plus ou le moins d'humidité & d'autres corpuſcules introduits avec l'air dans les Baromètres, qui occaſionnent la différence des effets que la chaleur produit ſur eux, ainſi que la diverſité de hauteur, entr'eux, & dans le même Baromètre rempli à diverſes fois. Quant à celui dont j'ai parlé ci-devant (353), ſur lequel la différence de température influoit très-peu, il eſt probable que ſon mercure contenoit plus d'air que celui des autres Baromètres qui n'avoient pas été purgés par le feu, ou qu'il y avoit moins d'air à ſon ſommet; en ſorte qu'il ſe faiſoit une compenſation entre la preſſion de l'air renfermé dans la partie ſupérieure du tuyau & la dilatation des bulles d'air contenues dans le mercure.

L'air ſe dilate toujours au même dégré dans les Baromètres qu'on fait bouillir.

360. Je reviens aux Baromètres purgés d'air par le feu. Le mercure pendant qu'il bout, ayant toujours ſenſiblement le même dégré de chaleur (*a*), il dilate l'air d'une manière uniforme,

(*a*) La néceſſité d'un même dégré de chaleur pour que l'air ſoit toujours dilaté au même point, entraîne néceſſairement celle de faire bouillir le mercure dans le tube même. Il ne ſuffit donc pas de le faire bouillir ſéparément dans un

uniforme, & chaſſe par conſéquent tout ce qui excède le volume qu'il en peut contenir dans cet état; il expulſe auſſi l'humidité & les autres corpuſcules hétérogènes, qui, étant plus légers que lui, s'échappent pendant qu'il eſt agité, & viennent au haut du tube, où ils forment une eſpèce de ſcorie, qu'on enlève; après quoi on achève de le remplir. Le mercure ſe purifie.

361. Si l'on redreſſe alors le Baromètre lentement & ſans ſecouſſes, le mercure ſe tient totalement ſuſpendu, & il ne deſcend à ſon niveau relatif au poids de l'atmoſphère, que quand on ſecoue le Baromètre. Il arrive auſſi, quand l'air n'eſt pas également chaſſé de toute la partie ſupérieure du tube, qu'il ſe fait une ſéparation dans la colonne du mercure; de manière qu'il en reſte pluſieurs pouces ſuſpendus au ſommet du tube, & que le vuide ſe fait au-deſſous. L'air n'eſt jamais entièrement expulſé des Baromètres mêmes où le mercure reſte totalement ſuſpendu; la théorie le dicte, & l'expérience le démontre; car lorſqu'on a fait abbaiſſer le mercure, & qu'on le ramène enſuite vers le ſommet en inclinant le Baromètre, on y apperçoit une petite bulle, & l'adhéſion ne ſe fait plus, à moins Adhérence du mercure au tube après l'opération. Il y reſte toujours un peu d'air.

vâſe & de l'introduire enſuite dans le tube bien chaud, comme M. *Muſſchembroek* l'enſeigne (Eſſais de Phyſique *in-4°.*, *Leyde*, 1751, page 639); car la chaleur décroîſſant très-rapidement dans les fluides qui ceſſent de bouillir, il n'eſt pas poſſible de s'aſſurer que le mercure introduit dans les tubes ſera toujours au même dégré de chaleur, ſur-tout en combinant ſa chaleur propre avec celle du tube.

que par des secousses vives & réitérées, on n'oblige cet air à rentrer dans le mercure; ce qui rétablit entre le mercure & le verre un contact suffisant pour tenir de nouveau la colonne suspendue. Mais la petite quantité d'air qui reste dans les Baromètres ainsi construits, étant toujours sensiblement la même (360), il est possible alors de trouver une règle fixe pour corriger les influences de la chaleur dans leurs variations; c'est ce qui m'a réussi, comme on le verra dans la suite.

Cependant on peut estimer les effets de la chaleur sur ces Baromètres.

Expériences pour déterminer l'effet que produit la chaleur sur les Baromètres purgés d'air par le feu.

Expériences faites en Hyver pour déterminer l'effet de la chaleur sur les Barom. purgés d'air par le feu.

362. Je profitai du même hyver pour faire les expériences nécessaires à la découverte de la règle dont je viens de parler; & pour cet effet, je plaçai dans un cabinet plusieurs Baromètres les uns auprès des autres; je les accompagnai de trois Thermomètres de mercure bien d'accord, gradués suivant la division de M. de *Réaumur*, & placés l'un au haut, l'autre au milieu, & le troisième au bas des Baromètres. Tous ces instrumens étoient sur des *montures* de sapin; ce que j'indique, parce que les divisions étant fixées sur les montures, la dilatation ou la condensation de celles-ci entre pour quelque chose dans l'effet total. Il est donc convenable d'employer toujours la même matière pour avoir des résultats uniformes; & le sapin doit avoir la préférence, parce qu'étant composé, comme le fil de Pite, de fibres

Le sapin est très-propre aux montures des Baromètres & des Thermomètres.

ligneuses fort droites, la chaleur ni l'humidité ne l'affectent point sensiblement dans le sens de sa longueur (*a*). La chaleur ni l'humidité ne l'affectent pas sensiblement dans le sens de sa longueur.

363. Quand les Thermomètres étoient d'accord, je marquois le point où ils se tenoient & la hauteur des Baromètres. Après quoi j'échauffois le cabinet de manière que les Thermomètres fussent toujours d'accord; & j'observois de nouveau lorsque la chaleur étoit parvenue au plus haut dégré que je pouvois produire. J'avois un Baromètre dans une chambre où la température ne changeoit pas sensiblement; je l'observois au commencement & à la fin de l'expérience; & s'il s'étoit fait quelque changement dans le poids de l'Atmosphère pendant sa durée, j'en tenois compte dans le résultat. Précautions prises dans ces expériences.

364. Ayant réitéré plusieurs fois la même opération, & trouvé les résultats à-peu-près semblables, je fus assuré que tous mes Baromètres avoient une marche sensiblement égale & proportionnelle aux variations des Thermomètres. Ce premier point déterminé, je rassemblai toutes mes observations, & j'en tirai cette conséquence générale; que *par une augmentation de chaleur, capable de faire monter le Thermomètre depuis le point de la glace* Résultats.

(*a*) J'ai une expérience qui indique qu'une pièce de sapin de 3 pieds de long, 3 pouces & demi de large, & 1 pouce d'épaisseur, dont les fibres sont bien droites, s'est allongée d'un quarante-quatrième de ligne, du tems le plus sec au tems le plus humide, pendant l'Été de l'année 1764.

pilée jusqu'à celui de l'eau bouillante, la hauteur du Baromètre augmenteroit de six lignes précisément; ce qui me conduisit à une division du Thermomètre, qui exprime cette Loi d'une manière fort commode.

Échelle d'un Thermomètre propre à representer la correction à faire sur le Baromètre pour les différences de chaleur.

365. En divisant par quatre les lignes du Baromètre, on subdivise très-aisément à la vue ces quarts de ligne en quatre autres parties qui font des 16mes; or 6 lignes font $\frac{96}{16}$; on peut donc diviser en 96 parties égales l'intervalle compris entre l'eau dans la glace, & l'eau bouillante sur le Thermomètre, & alors chacune de ces parties correspondra à $\frac{1}{16}$ de ligne dans la hauteur du Baromètre (*a*). Il est nécessaire d'employer à cet usage des Thermomètres de mercure, afin que leurs variations soient aussi exactement proportionnelles qu'il est possible, aux changemens que la chaleur occasionne dans les Baromètres.

Expérience faite en Eté pour le même sujet.

366. Pour reconnoître d'autant mieux si ma division étoit propre à l'usage auquel je la destinois, je voulus faire une nouvelle expérience à des températures différentes par elles-mêmes. Je demeure dans une rue en pente, & j'ai une cave assez profonde, pour que sa température soit, en certains tems, très-différente de celle qu'on éprouve en plein air. Je plaçai dans cette cave en Été, deux Baromètres que j'y mis parfaitement d'accord; la température indiquée par le Thermomètre étoit au 14me. des dégrés

(*a*) On verra dans le Chapitre suivant la raison générale de changer l'échelle du Thermomètre, quand les échelles ordinaires sont trop incommodes.

dont j'ai parlé, ou à $\frac{14}{96}$ au-dessus de l'eau dans la glace ; j'y laissai quelqu'un pour observer, & je me transportai avec l'un des Baromètres & un Thermomètre, dans une maison au-dessous de la mienne, où j'avois déterminé par le nivellement un point, qui correspondoit horisontalement avec le fond de ma cave : la température de cette maison se trouva au 22me. des dégrés dont je viens de parler, & le Baromètre se tint demi-ligne plus haut que celui de la cave auquel je le comparois. La chaleur augmenta, le Thermomètre marqua un dégré de plus, & le Baromètre monta d'$\frac{1}{16}$ de ligne. Le Thermomètre de la cave qui n'avoit point fait de variation, étoit donc en ce moment $\frac{1}{4}$, plus bas de 9 dégrés que celui de la maison dont j'ai parlé, & les Baromètres différoient de $\frac{9}{16}$ de ligne ; ce qui confirma parfaitement mes expériences précédentes.

Elle confirme celles qui avoient été faites en Hyver.

367. Il est évident que si, dans cette observation, on n'avoit pas égard à la différence de température, celle des Baromètres indiqueroit une différence de hauteur assez considérable entre des lieux qui étoient cependant sur le même niveau. On verra dans la suite, que cette différence seroit d'environ 45 pieds.

Preuve de la nécessité d'une correction sur le Barometre, pour la différence de chaleur.

Lorsque j'entrepris les observations relatives à la diminution de poids de l'Atmosphère occasionnée par l'élévation des lieux, j'avois déjà fait la plus grande partie des expériences que j'ai rapportées jusqu'à présent ; & leur résultat m'avoit appris qu'aucun de ceux qui s'étoient occupés de cette matière avant moi, n'avoit pu éviter de grandes erreurs faute d'instrumens

convenables. Je dois sans doute aux précautions que je viens d'indiquer les succès que j'ai obtenus; mais j'étois encore bien éloigné de connoître toutes les difficultés de cette entreprise. J'appercus dès le commencement de mes observations un grand nombre d'obstacles, dont plusieurs dépendoient encore du Baromètre lui-même; je commencerai par ceux-ci, & je les détaillerai dans l'ordre qu'exige la matière.

Précaution nécessaire pour que le Thermomètre indique la température du Baromètre.

368. Puisque la chaleur produit sur les Baromètres des effets assez sensibles, pour qu'on doive nécessairement en tenir compte, & que le Thermomètre sert à cette correction, il faut que ces deux instrumens ne soient pas plus échauffés l'un que l'autre. C'est cependant ce qui arrivoit dans mes premières expériences. La boule du Thermomètre qui n'occupe qu'un très-petit espace, doit indiquer la température du Baromètre; mais la chaleur du corps & celle du soleil ne se distribuoient pas avec assez d'égalité pour produire des effets correspondans sur l'un & sur l'autre; & je reconnus bientôt que mes observations n'étoient pas correctes. Je fus donc obligé, pour éviter ce défaut essentiel, de porter la boëte qui renfermoit ces deux instrumens, suspendue par une courroie; & d'avoir un parasol pour la tenir constamment à l'ombre, soit dans la route, soit lorsque je voulois observer.

Il ne suffit pas que les Baromètres soient dans des températures sem-

369. J'éprouvai dans la correction des effets de la chaleur une autre difficulté, qui demande quelque attention pour être bien conçue. J'avois trouvé (364) qu'une augmentation de

chaleur indiquée par 96 dégrés de mon Thermomètre faisoit monter le Baromètre de 6 lignes; mais alors la colonne du Baromètre avoit 27 pouces ou à-peu-près. Lorsque je vis cette colonne s'accourcir à mesure que je montois, je compris bien qu'un dégré de mon Thermomètre ne devoit plus correspondre à $\frac{1}{16}$ de ligne dans la hauteur du Baromètre; mais pensant d'abord qu'il n'y avoit point de correction à faire lorsque la température étoit semblable pour les Baromètres de la plaine & de la montagne, je crus qu'une simple proportion devoit suffire, pour trouver la correction dûe à ce changement de hauteur dans le Baromètre : je me trompois alors; en voici la démonstration.

blables pour se passer de correction.

370. Je suppose deux Baromètres, dont l'un est posté sur une montagne & se tient à 14 pouces, pendant que l'autre est au pied à 28 pouces, & que la température est pour tous deux à — 40 de mon Thermomètre; il n'y auroit point de correction à faire dans ce cas, suivant mon premier raisonnement. Supposons maintenant que la température change, & que les Thermomètres soient à + 40; la chaleur étant encore égale dans les deux stations, il n'y auroit par la même raison rien à corriger. Cependant de l'une à l'autre supposition, la colonne de 28 pouces se seroit allongée de 5 lignes pour 80 dégrés de variation du Thermomètre sur mon échelle, tandis que la colonne de 14 pouces n'auroit augmenté que de 2 lignes & ½ ou environ; en sorte que le Baromètre de la montagne se tiendroit réelle-

Exemple de l'erreur qui résulteroit de cette méthode.

ment trop bas de 2 lig. ½ relativement à celui de la plaine, sans qu'on pût reconnoître cette erreur par une simple proportion; parce que d'un côté, à température égale, tout paroît exact; & que de l'autre, ne connoissant pas les dernières limites de la chaleur, on ne peut partir d'un point où elle ne diminue plus.

Il faut nécessairement ramener toutes les observations à une température fixe.

371. Voici le nœud de cette question : il est vrai dans un certain cas, qu'*à température égale aux deux postes où l'on observe, on ne doit point faire de correction sur la hauteur des Baromètres*; par exemple, si l'on n'observoit que dans une température déterminée & commune aux deux postes, le mercure étant toujours au même dégré de condensation, sa hauteur dans le Baromètre seroit toujours proportionnelle au poids de l'atmosphère. Ce cas-là est très rare, & s'il falloit l'obtenir immédiatement, il y auroit bien peu d'observations utiles : cependant c'est à cette forme qu'il faut les ramener toutes, en choisissant une certaine température pour terme fixe; mais ce dégré de chaleur étant une fois déterminé, si le Thermomètre en indique un autre au moment où l'on observe, on ne peut se dispenser de corriger la hauteur des Baromètres, lors même que la temperature est égale aux deux postes. Je me ferai mieux comprendre en expliquant la méthode à laquelle j'ai été conduit par cette théorie.

Choix de cette température qui devient le *zéro* du Ther. dans ce cas.

372. La première chose à décider étoit le dégré de chaleur que je devois choisir pour terme commun & constant, au-dessus & au-dessous duquel les corrections devoient se faire;

il me parut que la température qui correſpond à la huitième partie de la diſtance entre les points fixes du Thermomètre, à compter depuis *l'eau dans la glace*, étoit la plus convenable, parce qu'étant probablement la moins éloignée de toutes les obſervations priſes enſemble, s'il y a quelque erreur dans ma diviſion du Thermomètre relativement à ſon but, elle doit influer par cela même le moins qu'il ſoit poſſible.

373. L'échelle de ce Thermomètre étant diviſée en 96 dégrés entre les points fixes (365) la huitième partie de cette échelle en montant, correſpond au 12e. dégré; j'ai placé le *zéro* à ce point, au-deſſus duquel je compte les dégrés en *plus*, & au-deſſous en *moins*. Ainſi dans ce Thermomètre, *l'eau bouillante* eſt à + 84, & *l'eau dans la glace* à — 12. Ces indications ſuffiſent pour conſtruire ce Thermomètre, & la Fig. 2 de la Pl. V, dans laquelle je l'ai repréſenté accompagné de l'échelle de *Fahrenheit*, & de celle d'un Thermomètre à mercure diviſé en 80 parties, qu'on nomme *de M. de Réaumur*, ſervira à indiquer ſans calcul les points de ces deux dernières échelles auxquels correſpondront les températures dont j'aurai occaſion de parler dans la ſuite. Conſtruction de l'échelle.

374. Le Thermomètre étant diviſé de cette manière, chacun de ſes dégrés repréſente, comme je l'ai dit, des ſeizièmes de ligne ſur la hauteur d'un Baromètre dont la colonne eſt de 27 pouces; il ſert auſſi pour toute longueur de colonne par une ſimple proportion; un exemple ſuffira pour le faire comprendre. Utilité de cette conſtruction.

Exemple. Je suppose de nouveau les deux Baromètres placés, l'un sur une montagne où le mercure ne se soutient qu'à 13 $\frac{1}{2}$ pouces, & l'autre au pied de cette montagne où il se tient à 27 pouces. Si les deux Thermomètres sont à 0, il n'y a point de correction à faire; mais s'ils sont tous deux à — 16, je dois ajouter à la hauteur observée du Baromètre au pied de la montagne $\frac{16}{16}$, ou 1 ligne; & pour celui du sommet, je dois dire, comme 27 pouces sont à $\frac{16}{16}$ de ligne, ainsi 13 $\frac{1}{2}$ sont au nombre de seizièmes que je dois ajouter à la colonne de 13 $\frac{1}{2}$ pouces, ce qui fait $\frac{8}{16}$. Ainsi je n'ajouterai que $\frac{8}{16}$ à la hauteur du Baromètre observé sur la montagne, pour la même température qui m'a fait ajouter $\frac{16}{16}$ à celui de la plaine : si les dégrés du Thermomètre sont en *plus*, il faut faire des soustractions dans le même ordre. J'applique la même règle à tous les cas, tant pour les températures égales, que pour celles qui sont différentes ; il n'y en a qu'un seul qui n'exige point de correction, c'est celui où les deux Thermomètres sont à *zéro*. Par ce moyen on ramène les observations à un terme fixe, ce qui produit le même effet que si le mercure des Baromètres étoit toujours au même dégré de condensation. J'ai suivi cette méthode dans la plupart de mes observations; mais j'en ai trouvé depuis une beaucoup plus commode, fondée sur le même principe, dont je rendrai compte en donnant la description de mon Baromètre. (490 & suiv.)

Réflexions ſur la LIGNE DE NIVEAU *dans le Baromètre.*

Il ne ſuffit pas que les Baromètres ſoient purgés d'air par le feu pour être d'accord.

375. J'ai dit précédemment que tous les Baromètres purgés d'air par l'ébullition du mercure, ſe tiennent *à-peu-près* à la même hauteur dans le même lieu ; mais cela n'eſt point encore ſuffiſant : j'ai vu même deux Baromètres de cette eſpèce qui différoient de deux lignes. Ce phénomène m'a embarraſſé pendant long-tems ; & ce n'eſt qu'après bien des tentatives inutiles, que je ſuis parvenu à la découverte de deux cauſes qui ſe combinent pour produire ces différences. Je ſerai obligé d'entrer ici dans des détails qui paroîtroient peut-être minutieux, ſi je ne faiſois obſerver qu'un ſeizième de ligne repréſente environ 5 pieds de hauteur, & que pour peu qu'on s'écarte de l'exactitude, il eſt très-facile de ſe tromper d'un & de pluſieurs ſeizièmes.

Difficulté de fixer la *ligne de niveau.*

On peut ſe tromper quand on prend la ſurface du mercure pour bâſe.

376. La première des cauſes d'erreur que je viens d'annoncer, ſe trouve dans la fixation du point d'où l'on doit partir, pour meſurer la hauteur du Baromètre. Lorſqu'on prend la ſurface du mercure pour terme, il en réſulte pluſieurs inconvéniens. D'abord on ne peut comparer cette ſurface avec le commencement de la diviſion, qu'en plaçant l'œil à une certaine diſtance, & par cela même, pour peu que l'œil ſoit hors du plan de cette ſurface ; il ſe forme une parallaxe qui peut cauſer une erreur notable, en ſorte qu'on ne peut que très-difficilement parvenir à quelque exacti-

tude. D'ailleurs on voit le mercure au travers des parois du vâse qui sert de réservoir, & qui, par sa figure, occasionne ordinairement des réflexions & des réfractions ; souvent même il est sale intérieuremenr. Toutes ces causes augmentent la difficulté & induisent en erreur.

Plus encore en la fixant au point où le mercure abandonne le réservoir.

377. Ces inconvéniens, qui sont bien connus, font qu'en général on ne compte l'élévation du mercure, que depuis le point où il abandonne le réservoir pour former la convexité ordinaire de sa surface. Mais cette méthode est sujette à de plus grandes erreurs que la précédente ; car la convexité du mercure, dont la partie inférieure est quelquefois plus basse d'une ligne & demie que la surface supérieure, peut être nulle en certain cas, & même cette surface peut devenir concave.

Ce point varie suivant l'inclinaison des côtés du vâse.

378. Cette variation de forme dépend principalement de celle des vâses : quand les bords du mercure se trouvent dans la portion d'un réservoir évâsé qui prend en cet endroit la forme d'un cône renversé ou d'un verre à boire, la convexité du mercure est d'autant plus considérable, que les côtés du cône sont plus inclinés : elle l'est moins, quand les côtés du réservoir sont parallèles : si la surface du mercure correspond à un point, où le réservoir prend la forme d'un cône droit, sa convexité diminue encore ; elle devient nulle même, à une certaine inclinaison des côtés : & si leur prolongement forme au sommet du cône un angle obtus (dont je ne détermine pas le dégré) la surface du mercure devient concave.

Les Baromè-

379. Lors donc que l'échelle du Baromètre

prend ſon origine au bas de la convexité, on a le plus ſouvent une certaine quantité de mercure au-deſſus de ce point, qui pèſe ſur la colonne ſans que l'on en tienne compte. Or comme cet excédent de poids varie autant que la forme des réſervoirs, deux Baromètres diviſés de cette manière ne peuvent paroître à la même hauteur, que quand le bord du mercure ſe trouve correſpondre à des inclinaiſons ſemblables dans l'un & dans l'autre.

tres à réſervoir ne peuvent être d'accord que par une inclinaiſon ſemblable de ces cols.

380. D'ailleurs, quand on agite les Baromètres, ce qui eſt inévitable à l'égard de ceux qui ſont deſtinés au tranſport, la pellicule que produit toujours le mercure expoſé à l'air, s'attache contre les parois du vaſe qui le contient; & comme cet enduit a plus d'affinité avec le mercure, que le verre ou la matière quelconque du réſervoir, il s'en approche davantage; la convexité de ſa ſurface diminue par cela même, & ſans aucun autre changement, ſon bord ſe trouve alors plus élevé qu'il n'étoit, lorſqu'on a fixé le commencement de la diviſion. Il peut arriver le contraire, ſi le mercure ſe ſalit ſans qu'il ſe forme un enduit mercuriel contre les parois du réſervoir; car ces parcelles de ſaleté, étant environnées d'air, le mercure eſt plus écarté du verre, & la convexité de ſa ſurface devient plus conſidérable. Dans l'un & l'autre cas, le verre n'eſt plus aſſez tranſparent, ni le bord du mercure aſſez régulier, pour qu'on puiſſe décider préciſément le point où correſpond ce bord ſur la monture du Baromètre. Les réſervoirs ſont par conſéquent une ſource d'erreurs; en

Les ſaletés qui s'attachent au mercure ſont encore une ſource d'erreur.

voici une autre qu'il n'est pas moins essentiel d'examiner.

Effet de l'inégalité de diamètre des tubes.

On a négligé l'effet de la différence de diamétre des tubes.

381. C'est un Phénomène connu de tous les Physiciens, que le mercure s'abbaisse au-dessous du *niveau* dans les tubes étroits, tandis que tous les autres fluides s'élèvent dans les mêmes circonstances. Mais plusieurs obstacles ont empêché jusqu'à présent de reconnoitre l'influence de cette cause sur la hauteur du mercure dans les Baromètres de différentes formes. J'ai rapporté dans la I. PARTIE de cet ouvrage (101 & *suiv.*) les recherches qu'on avoit déja faites sur cet objet, lorsque je commençai à m'occuper des Baromètres. On a vu qu'aucun des Physiciens qui ont donné des Règles pour mesurer les Hauteurs avec cet Instrument, n'ont fait attention à cette circonstance. Peut-être aussi que cette cause d'erreur m'auroit échappé, si je n'avois observé pendant longtems des Baromètres de toutes sortes de figures, avec un grand desir de trouver les raisons de leurs différences.

Observation sur ce sujet : les Baromètres sans réservoir se tiennent plus haut que les autres.

382. J'avois remarqué plusieurs fois, que les Baromètres dont le tube étoit plus étroit, se tenoient assez généralement plus bas; mais cela ne m'apprenoit encore rien de fixe, parce que cette règle avoit des exceptions dont j'ignorois la cause. J'en étois à ce point, lorsqu'un jour, cherchant à connoître en quelle proportion le volume du mercure augmente par la chaleur, j'en ôtai assez d'un de mes Baromètres, sem-

blable à la *Fig*. 3. de la Pl. I., pour que le niveau, d'où l'on doit compter la hauteur de la colonne, fut abbaissé dans la portion du tube qui soutenoit le réservoir, c'est-à-dire de *b* en *d*, & par conséquent dans le haut de *a* en *c*. Mon but n'étoit d'abord que de mesurer l'allongement réel de la colonne totale, qui se trouvoit alors dans un simple tuyau recourbé; mais quelle fur ma surprise, lorsque je vis la colonne de mercure soutenue par le poids de l'Air dans ce Baromètre, devenir plus longue par ce changement seul. Cette remarque me fit abandonner mon premier objet, dans lequel j'avois peu d'apparence de succès, à cause de l'inégalité de diamètre des tubes: Je fis la même opération à tous mes Baromètres, & je trouvai que la colonne soutenue par l'atmosphère, étoit devenue plus longue dans tous, sans exception.

383. La propriété du mercure, dont j'ai fait mention ci-devant, me vint alors dans l'esprit, & je formai un plan d'expériences, pour en démêler l'effet dans les Baromètres. J'en fis pour cet effet plusieurs avec des tubes simplement recourbés, de diamètres différens; & comme la plupart n'étoient pas d'un calibre égal, je les courbai de manière, qu'aux uns la partie la plus large étoit en-haut, & qu'elle étoit en-bas aux autres; je fis aussi souffler une boule au sommet d'un de ces tuyaux. Préparation à quelques expériences.

384. Tous ces Baromètres ayant été purgés d'air par le feu, je les observai attentivement, & je trouvai, 1°. que les Baromètres faits d'un simple tuyau recourbé par le bas, dont la partie supérieure étoit plus large que l'inférieure, Résultats.

se tenoient plus élevés que ceux d'une figure contraire : 2°. Que les Baromètres à reservoir se tenoient inégalement plus bas que les précédens : 3°. Que le Baromètre, au sommet duquel étoit une boule, se tenoit plus élevé que tous les autres, quand la partie supérieure de la colonne de mercure atteignoit la cavité de la boule ; & cela d'autant plus que le mercure y parvenoit à une plus grande hauteur, tellement que, lorsqu'il étoit arrivé à *l'horison* de la boule, il se tenoit deux lignes plus haut que dans les tubes qui avoient un réservoir en bas : 4°. Les seuls Baromètres, dont le tube étoit d'un diamètre à peu près égal, se tenoient entr'eux à la même hauteur. 5°. Enfin les inégalités causées par les reservoirs disparoissoient, soit quand l'extrémité inférieure du mercure se trouvoit dans la portion de tube qui est au dessous du réservoir ; soit même quand le reservoir étoit totalement rempli, & que le mercure, le surpassant, remontoit dans le col de cette espèce de bouteille, parce qu'alors les diamètres des deux tubes étoient sensiblement égaux. Je dois prévenir que dans ces expériences, je commençois à compter la hauteur des colonnes depuis la surface du mercure dans le bas. J'ajouterai en passant que, lorsque le mercure parvenoit dans la boule qui étoit au sommet d'un de ces Baromètres, tout s'y passoit sensiblement, pour les différences de convexité & de concavité de sa surface, comme dans les réservoirs où l'air communiquoit ; c'est une preuve entre bien d'autres que l'arrondissement des bords du mercure n'est point occasionné par la pression de l'air, mais que

Les Baromètres dont le tube est un siphon d'égal diamètre, sont seuls d'accord.

que ce phéno[illegible]ne tient à l'attraction ou à quelqu'autre c[illegible] différente de l'air grossier.

385. J'entre[illegible] aussi quelques expériences pour chercher à [illegible]onnoître, par une règle fixe, la hauteur que doit avoir la colonne de mercure en un même lieu, dans des Baromètres de figures données; mais je trouvai tant de variétés, que désespérant de parvenir à une règle fixe, ou du moins ne présumant pas que l'utilité de cette règle fut proportionnée au travail, je me contentai de savoir positivement, que les Baromètres faits d'un tube recourbé par l'une de ses extrémités & de diamètre égal d'un bout à l'autre, sont les seuls dont la hauteur au-dessus du Niveau représente immédiatement celle de la colonne de mercure soutenue par le poids de l'Atmosphère; & que par conséquent ils se tiennent tous à la même hauteur. Mais ils sont sujets à un inconvénient dont je dois avertir, parce qu'il m'a déconcerté pendant longtems.

On ne peut déterminer généralement l'effet des autres formes de Baromètres sur la hauteur du mercure.

386. Dans les Baromètres à branches d'égal diamètre, il faut toujours une échelle à chaque branche; car lors même que le diamètre du tube est parfaitement égal d'un bout à l'autre, les effets que produit la chaleur sur le mercure, empêchent qu'on ne puisse connoître la variation totale de hauteur de sa colonne, en doublant la variation observée à l'une de ses extrémités. Or comme la branche d'en-bas communique avec l'air extérieur, le mercure se couvre d'une pellicule qui s'attache au tuyau dans ses variations; il n'est plus alors dans une liberté suffisante, & l'irrégularité de sa surface, de même que la diminution de transparence du tube, empêchent

Les Baromètres à branches d'égal diamètre sont sujets à un inconvénient.

de bien déterminer sa hauteur: en sorte que par la combinaison de tous ces obstacles, on peut se tromper de près d'un quart de ligne, même avant que la cause soit assez sensible pour s'en défier. Cependant l'inconvénient dont je parle étant une fois connu, il cesse par cela même d'être un obstacle à la régularité des opérations, parce qu'il est facile de nettoyer

Rémède. la branche inférieure; j'en indiquerai le moyen dans la suite (484). Mais j'avoue que les Baromètres de cette espèce seroient incommodes pour des observations journalières relatives aux changemens de poids de l'Atmosphère dans le même lieu. Quoique ces observations ne soient pas entièrement de mon sujet, je ne laisserai pas d'en dire un mot.

Remarques sur l'effet que produisent les défauts du Baromètre dans les observations ordinaires.

Trois objets dans les observations du Baromètre sédentaire.

387. On peut se proposer trois choses dans les observations du Baromètre sédentaire. La premiére, & la plus générale, regarde ses prédictions pour le beau ou le mauvais tems. La seconde est relative à l'étendue de sa variation dans le climat qu'on habite. Enfin on peut avoir pour but de comparer son élévation moyenne, ou chacune de ses variations, avec des observations correspondantes en d'autres lieux.

Il est rare qu'on puisse s'entendre quand on parle de la hauteur du Baromètre.

388. Le grand usage qu'on fait actuellement des Baromètres prouve combien on s'intéresse à ces objets: & cependant on peut dire avec vérité qu'on ne s'est point encore entendu sur cette matière comme on ne s'entend pas encore sur les dégrés de chaleur, quoiqu'on ait des Thermomètres.

389. Trois choses s'opposent à ce que les Baromètres ordinaires soient comparables; 1°. Les diverses manières de les remplir : 2°. Leur diversité de figure : 3°. La différente température de l'air qui les environne. Je vais indiquer les erreurs qui résultent nécessairement de ces différences dans l'usage ordinaire du Baromètre.

Causes de la diversité d'expression à cet égard.

390. Il est certain d'abord qu'on ne dit rien de fixe lorsqu'on parle de la hauteur des Baromètres dans l'usage le plus général; puisque par les trois causes que je viens d'indiquer, ils peuvent se tenir plus haut les uns que les autres, indépendamment du poids de l'Atmosphère. Cela est si vrai dans la pratique, qu'on ne sait presque comment s'exprimer lorsqu'on veut parler du Baromètre relativement au tems qu'il fait ou qu'il doit faire; la plupart de ceux qui l'observent ne comptent sur ses prédictions, qu'après leurs propres expériences sur les points de sa hauteur qui correspondent à un certain état de l'air : encore peut-on se tromper malgré cette précaution, quand la température du lieu varie, parce qu'alors le Baromètre monte ou descend, sans qu'il arrive de changement dans le poids de l'Atmosphère.

On s'entend peu quand on parle du Baromètre relativement à ses présages.

391. C'est principalement dans les extrêmes de la variation du Baromètre, qu'on peut faire de plus grandes erreurs. Dans ses grands abbaissemens il fait ordinairement chaud, & ses plus grandes élévations sont en hyver. Or quand le Baromètre baisse extraordinairement en Eté, si celui qu'on observe n'est pas purgé d'air par le feu, il est trop bas, parce que l'air renfermé dans le haut de tube étant dilaté par la cha-

On peut se tromper beaucoup sur l'étendue de variation du Baromètre.

leur, & trouvant un point d'appui au sommet, il fait descendre le mercure, plus que celui-ci ne tend à monter par sa dilatation. Si le Baromètre au contraire est bien purgé d'air, il se tient trop haut, parce que le mercure étant fort dilaté, sa pesanteur spécifique diminue, & le poids de l'Atmosphère en soutient une plus longue colonne. La même cause agit, mais d'une maniére opposée, lorsqu'on observe une élèvation extraordinaire des Baromètres en Hyver; ceux qui sont pas purgés d'air par le feu se tiennent alors plus haut qu'ils ne seroient en Eté, & les autres se tiennent plus bas: la différence de chaleur des appartemens influe aussi sur la hauteur du mercure. Ainsi deux personnes qui auront observé dans le même tems & avec la même exactitude, pourront s'écarter de trois ou quatre lignes, sur l'étendue de la variation du Baromètre dans leur Pays. Je l'ai trouvée, par exemple, de 20 lignes à Genève, en corrigeant par le Thermomètre mes observations faites avec des Barometres purgés d'air par le feu; sans cette correction je ne l'aurois trouvée que de 18 lignes & demie, tandis que les Barometres ordinaires pourroient indiquer 22 lignes.

De même que dans la comparaison des Barom. placés en divers lieux.

392. Enfin, lorsqu'il s'agit d'observations correspondantes, il est plus essentiel encore d'avoir une règle fixe pour la construction des Baromètres; sans cette précaution, on peut se donner bien de la peine inutilement. Tout ce que j'ai dit jusqu'à présent le prouve assez, sans que je m'étende davantage sur cette matière.

Il est nécessaire que les Observa-

393. Il est donc absolument nécessaire de convenir d'une méthode générale, par le moyen

de laquelle on soit assuré d'écarter tout ce qui est arbitraire, & dont on puisse faire usage partout. Je crois qu'on pourroit se servir utilement de celle que je vais indiquer. teurs conviennent entr'eux d'une méthode générale.

394. 1°. Il faut nécessairement que tous les Baromètres soient purgés d'air par le feu. Plan proposé pour cela.

2°. On doit avoir auprès du Barometre, un Thermometre de mercure, dont le *zéro* soit à la 8me. partie de l'espace compris entre l'eau dans la glace & l'eau bouillante, la distance de *zéro* à l'eau bouillante divisée en 84 parties égales, & la division prolongée à volonté au-dessous de *zéro*. Chacun de ces dégrés représentera alors des 16mes de ligne à corriger sur le Barometre aux environs de 27 pouces; & lorsqu'on voudra faire une observation exacte, il faudra retrancher de la hauteur trouvée, ou lui ajouter autant de 16mes de ligne qu'il y aura de degrés au-dessus ou au-dessous de *zéro*. Par ce moyen on saura toujours précisément, à quelle hauteur l'Atmosphère soutient le mercure dilaté par un dégré de chaleur determiné. Si dans le lieu où se font les observations, le Baromètre se tenoit à une hauteur trop éloignée de celle de 27 pouces, sur laquelle j'ai réglé la division de mon Thermomètre, on pourra faire les corrections requises par la méthode que j'ai indiquée ci-devant (374); ou s'il s'agissoit d'observations fréquentes, on pourroit construire une échelle particulière dont on proportionneroit les dégrés à la hauteur moyenne du Baromètre dans le lieu où doivent se faire les observations; c'est-à-dire qu'on diviseroit l'intervalle compris entre le *zéro* & l'*eau bouillante*,

sur le Thermomètre en un nombre de parties qui seroit à 84, comme la hauteur moyenne du Baromètre dans le lieu de l'observation seroit à 27 pouces.

Etalon pour placer l'échelle uniformément à tous les Baromètres.

3°. Il reste à trouver quelqu'expédient pour avoir des Baromètres dans lesquels on évite la difficulté de connoître la hauteur de la colonne depuis un point fixe, & l'erreur qui résulte des différentes formes des réservoirs, sans tomber dans l'inconvénient que la saleté occasionne dans les Baromètres à branches égales; voici le moyen que je propose pour cela. Il faudroit que tous ceux qui font des Baromètres, eussent une sorte d'*étalon*, qui seroit un Baromètre fait d'un tube égal d'un bout à l'autre, & recourbé par le bas. J'indiquerai dans la suite la manière de placer l'échelle dans cette construction (485.) Il faudroit aussi, que les réservoirs des Baromèttres qu'on voudroit régler sur celui-là eussent un diamètre assez grand, pour que les variations de hauteur du mercure fussent insensibles dans le bas. On les placeroit auprès de l'*étalon*, après avoir nettoyé sa branche inférieure; & lorsqu'ils seroient à la même température & dans une position verticale, on mettroit sur les Baromètres à régler, une échelle de deux ou trois pouces suivant les climats, divisée en lignes & subdivisée en quarts de ligne, en la fixant de manière que ces Baromètres indiquassent sur leur échelle, la même hauteur qu'indiqueroit l'*étalon*. Par cette opération seule, ils représenteront tous & constamment la vraie hauteur de la colonne de mercure que le poids de l'Atmosphère peut tenir en équi-

libre au moment de l'obſervation. Ceux dont la profeſſion eſt de faire des Baromètres pourroient très-aiſément adopter cette méthode (*a*); mais comme il y en a peu dont on puiſſe attendre un certain dégré d'exactitude, il conviendroit au moins, que les amateurs des expériences de Phyſique euſſent un ſemblable *étalon*, auquel leurs amis pourroient avoir recours pour fixer l'Echelle ſur leur Baromètre.

Je reviens à mon ſujet, & comme il faut apporter dans les obſervations relatives à la meſure des Hauteurs, des précautions plus grandes que pour les autres uſages du Baromètre, je continuerai à traiter cette matière.

De l'Echelle du Baromètre.

395. On peut attribuer quelquefois aux Baromètres des défauts qui procèdent de la manière de meſurer leur échelle & des meſures mêmes. Lorſqu'on ſe ſert d'un compas, comme on le fait à l'ordinaire, pour placer l'Echelle d'un Baromètre, on n'eſt point aſſuré de la fixer

Il ne convient pas de meſurer le Baromètre au compas.

(*a*) C'eſt-là mon but dans un Avis que je me propoſe de diſtribuer à tous les Faiſeurs de Baromètres qui paſſent à Genève ; il contient, en quatre pages *in*-4°., tout ce qu'il y a d'eſſentiel dans la conſtruction de l'*étalon*, la manière d'appliquer l'échelle aux Baromètres ordinaires, & l'uſage du Thermomètre pour corriger les effets de la chaleur ſur la hauteur du mercure. Je ferai parvenir auſſi ces inſtructions, autant que je le pourrai, dans les Villes principales où la Phyſiqce eſt cultivée, afin que les Amateurs ſoient en droit d'exiger des Artiſtes, qu'ils conſtruiſent leurs Baromètres ſuivant cette méthode.

convenablement, parce que les pointes du compas s'enfoncent plus ou moins, & même s'écartent, suivant la nature & la disposition des parties qu'elles rencontrent sur la monture.

Il est difficile de trouver des mesures exactes.

396. Mais un autre inconvénient qu'il est plus difficile d'éviter, c'est l'inégalité des mesures. J'ai peu vu de *pieds* parfaitement égaux, même dans les étuis d'instrumens qui nous viennent de Paris, lorsqu'ils ne sont pas du même Artiste. C'est-pourquoi, ne sachant auquel donner la préférence, je priai une personne qui a des relations avec M. *de Mairan*, de me procurer par son moyen un *pied de Roi*, parfaitement égal à celui dont il a fait usage pour déterminer avec tant de soin la longueur du pendule qui bat les secondes. Lorsque j'eus cette mesure authentique, j'en fis une de 27 pouces, en marquant cette distance par deux points sur des pièces de léton incrustées dans une régle de sapin: je pris une autre pièce du même bois, où je fixai deux pointes, de manière qu'elles correspondoient exactement aux deux points de l'autre règle; & avec ces mesures qui ne varient pas sensiblement, j'ai déterminé depuis d'un seul coup l'étendue de 27 pouces sur mes Baromètres.

Précautions prises pour éviter ces deux causes d'erreur.

Dégré de perfection du Baromètre décrit: causes des défauts qui lui restent.

Les Barom. construits suivant la méthode précédente sont d'accord

397. Par tous les procédés que j'ai décrits jusqu'à présent, je suis enfin parvenu à faire des Baromètres qui se tiennent pour l'ordinaire à la même hauteur dans le même lieu; mais

j'avoue qu'il manque encore quelque chose pour atteindre à une exactitude constante; car il m'est arrivé de voir des Baromètres, qui pour l'ordinaire sont d'accord, s'écarter quelquefois un peu de cette uniformité, sans qu'il y ait de causes apparentes de ces exceptions. Il ne s'agit, à la vérité, que d'un seizième de ligne, rarement d'un huitième, dont l'un est quelquefois plus haut, d'autres fois plus bas que l'autre, à différentes hauteurs absolues.

pour l'ordinaire.

Les différences sont variables & n'excèdent pas un huitième de ligne.

398. Quoique ces différences soient peu considérables relativement à celles que j'observois au commencement de mes expériences, je n'ai pas laissé de porter encore mon attention sur ce qui peut les occasionner, & j'ai cru reconnoître que l'imperfection des tubes en est presque la seule cause. J'ai remarqué principalement, que la surface du mercure n'est pas toujours horisontale dans le vuide; j'ai observé même quelquefois, que son inclinaison produisoit un quart de ligne de différence sur la hauteur d'un des côtés de la colonne comparé avec le côté opposé, & cela dans des tubes, en apparence aussi parfaits qu'ils puissent l'être. Il est probable que la différence de poli ou de netteté de la surface interne du tube, peut-être même la différence de nature, d'épaisseur ou de figure du verre, contribuent à produire cette différence dans la hauteur des bords du mercure. Quoi qu'il en soit, on comprend aisément que, si cette cause agit en sens contraire dans deux Baromètres dont l'échelle est semblablement

La surface supérieure du mercure n'est pas toujours horisontale.

Causes probables de cet effet.

Influence de cette inclinaison du mercure sur sa hauteur.

placée, elle peut produire une différence d'un seizième & même d'un huitième de ligne dans leurs hauteurs comparées, sans que l'œil puisse appercevoir que la surface du mercure n'est pas horisontale. Il semble d'abord qu'on peut remédier à cet inconvénient, en mettant une échelle de chaque côté du tube: mais lorsque j'ai voulu le faire, je n'ai pu décider généralement quelle étoit celle des hauteurs observées qui étoit correcte, c'est-à-dire, si je devois toujours compter sur la plus grande ou sur la moindre hauteur; principalement quand il ne s'agissoit pas de comparer deux Baromètres, ce qui est le cas le plus ordinaire. En sorte que cette méthode augmentant les difficultés & le travail, sans produire un avantage certain, j'ai cru devoir l'abandonner: je ne décide point cependant qu'elle soit absolument inutile.

Autre influence probable.

399. Outre ce que je viens d'exposer sur ce sujet, tiré des observations immédiates, on peut encore conjecturer, que puisqu'il y a des causes capables de tenir un des bords du mercure trop abbaissé ou trop élevé relativement au point où le haut de la colonne s'arrêteroit horisontalement par le poids de l'Atmosphère si ces causes n'agissoient pas; il peut arriver aussi dans certains cas, que cette colonne s'arrête en tout trop haut ou trop bas, relativement au même point, dans quelque partie d'un tube qui a cependant en apparence toutes les conditions requises pour faire un bon Baromètre. C'est là sans doute la raison de ce que j'ai dit ci-dessus, que deux

Baromètres qui font d'accord pour l'ordinaire, peuvent quelquefois différer d'un feizième, & même d'un huitième de ligne; & que cette différence varie de manière, que celui qui étoit d'abord le plus haut, peut devenir le plus bas, quand la hauteur abfolue du mercure vient à changer.

400. Il paroît delà, que la petite différence qui fe trouve encore entre les Baromètres conftruits avec toutes les précautions que j'ai indiquées jufqu'à préfent, peut être attribuée à celle qu'il y a prefque toujours entre les tubes; & que s'il étoit poffible d'en avoir dont la matière fût homogène, l'épaiffeur égale, furface également nette & polie partout, & le diamètre égal d'un bout à l'autre, on verroit difparoître toutes ces petites inégalités. Les différences qui fubfiftent entre ces Barom. viennent fans doute des tubes.

Remarques fur les Baromètres deftinés au tranfport.

401. Les Baromètres confervent toujours le dégré d'uniformité dont je viens d'indiquer les limites, lorfqu'ils reftent dans un même lieu; mais il n'en eft pas de même quand on les porte fréquemment fur les montagnes, fans prendre quelques précautions. Car alors, comme il faut que le mercure rempliffe le tube dans le tranfport, & qu'il s'abbaiffe plus ou moins fuivant la hauteur où l'on obferve; une partie de celui qui eft contenu dans la grande branche, paffant dans la petite pendant l'expérience, & retournant dans la grande Les Baromètres qu'on obferve fréquemment fur les montagnes reprennent un peu d'air.

pour le tranfport, il porte de proche en proche des particules d'air jufqu'au fommet. Cet inconvénient eft bien plus grand encore dans les Baromètres à réfervoir que dans ceux à branches uniformes; parce que le mercure étant plus balotté, il s'imprègne d'air plus aifément; & retournant dans le tube lorfqu'on l'incline, il y en introduit une plus grande quantité (*a*).

Il s'en élève auffi de l'intérieur du mercure dans le vuide.

402. Je dois rappeller auffi ce que j'ai dit précédemment (361), que dans un Baromètre qu'on vient de faire bouillir, le mercure refte fufpendu au fommet du tube, & comme collé au verre; mais que cette adhéfion n'a plus lieu lorfque le mercure s'eft une fois détaché, à caufe de l'air qui s'élève dans le vuide. Ainfi, plus le mercure defcend, plus il s'élève d'air; & ces différences font toujours nuifibles à l'uniformité. C'eft le cas des Baromètres qu'on porte fur les montagnes; le mercure s'y abbaiffe plus qu'à la plaine; & comme ils reftent dans cet état pendant l'obfervation, l'air a le tems de s'échapper dans le haut, & ils perdent ainfi leur accord avec ceux qui n'ont pas changé de place. C'eft l'expérience qui m'a fait connoître les deux inconvéniens dont je viens de parler; mais heureufement j'ai prefque toujours eu foin de

(*a*) L'introduction d'air dont je parle ici, ne fe fait pas par bulles vifibles & telles qu'on puiffe les appercevoir au fommet du tuyau lorfqu'on y ramène le mercure en inclinant le Baromètre; mais le mercure s'imprègne d'air, & le Baromètre fe rapproche peu-à-peu de l'état où il étoit avant qu'on l'eût purgé d'air par le feu.

comparer mes deux Baromètres en partant & au retour, & je tenois compte de ces variations avant d'en soupçonner les causes. Lorsque je les découvris, elles avoient produit un quart de ligne d'abbaissement dans mon Baromètre portatif : je le rétablis dans son premier état, en faisant rebouillir le mercure.

403. Pour prévenir ce dérangement dans la suite, je pompai l'air de la petite branche, simplement avec ma bouche, & par ce moyen je fis abbaisser le mercure dans la grande branche, jusqu'à ce qu'il fût réduit à 20 pouces au-dessus du niveau : je le tins un moment dans cet état, & l'ayant laissé remonter, je le trouvai d'environ $\frac{1}{16}$ de ligne plus bas qu'auparavant. Je pris note de sa différence avec celui auquel il devoit être comparé dans mes observations; & depuis lors, j'ai été fort attentif à ne faire descendre le mercure du sommet de ce Baromètre, que fort lentement, & seulement pour des expériences utiles : au moyen de ces précautions, il a conservé jusqu'à présent sa correspondance avec les autres. Précaution à prendre pour obvier à cet inconvénient.

404. Il résulte de tout ce que j'ai dit précédemment, qu'on ne peut faire avec succès les expériences relatives à la mesure des hauteurs, sans avoir un Baromètre bien construit; & qu'en même tems il est très-difficile de le conserver dans cet état en le portant sur les montagnes. La moindre inattention, le plus petit accident, peut donner passage à l'air pour entrer dans le tube, & même occasion- Nécessité d'un moyen pour contenir le mercure dans les Baromètres qu'on transporte.

ner la perte du Baromètre ; car si le mercure frappe au sommet avec trop de force, il le rompt infailliblement : il est donc nécessaire d'employer quelque moyen pour le renfermer dans le tube lorsque le Baromètre n'est pas en expérience, & cela n'est pas aisé : j'ai vu plusieurs Baromètres dans lesquels on s'étoit proposé ce but, sans y parvenir convenablement. Il faut bien des précautions pour contenir un liquide aussi actif que le mercure, & les effets de la chaleur augmentent encore la difficulté. On entreprendroit vainement de lui fermer toute issue lorsqu'il se dilate ; & même quand on en viendroit à bout, ce seroit aux dépens du tube qu'il romproit certainement. Il est vrai qu'on peut, sans risque, pour la conservation du Baromètre, laisser au mercure les moyens de s'échapper quand il se dilate ; mais sa condensation est très-nuisible, parce qu'en cet état il n'est pas gêné dans le tube, & les secousses de la marche lui prêtant des forces, il agit alors avec plus d'efficace pour sortir de sa prison. Ce qu'il y a de plus à craindre dans ce cas-là, c'est que l'air ne s'introduise pour occuper la place qu'abandonne le mercure condensé, & que par quelque mouvement, il ne parvienne au haut du tube. Or presque tous les Baromètres portatifs que j'ai vus, ont un réservoir qui contient plus ou moins de mercure, ce qui les met précisément dans le cas des Thermomètres ; c'est-à-dire, que la condensation qui se fait dans le réservoir, devient fort sensible dans le tube. J'eus le bonheur de soupçonner cet inconvénient dès que je pensai

Il ne faut pas trop gêner sa dilatation produite par la chaleur.

Mais il faut empêcher qu'en se condensant il ne laisse entrer de l'air.

à me procurer un Baromètre portatif : je cherchai donc à contenir le mercure dans un simple tuyau, afin de diminuer autant qu'il étoit possible les effets de sa condensation. J'y suis parvenu de plusieurs manières, que je décrirai dans la suite.

Le plus sûr est de contenir le mercure dans un simple tuyau.

De la position du Baromètre quand on observe ; & de la manière d'observer.

405. Il reste encore une chose à laquelle il me paroît qu'on n'a pas fait une attention suffisante, c'est la position du Baromètre quand on l'observe. Je conviens que s'il est dans une chambre, ou près d'un batiment dont les murs & presque tout ce qui les accompagne ne présentent que des lignes horisontales & verticales, notre œil accoutumé à juger du parallélisme & des angles droits, nous servira passablement sans aucun secours. Mais il n'en est pas de même à la campagne ; on ne trouve ordinairement pour placer son Baromètre, que des rochers, des arbres, des terreins différemment inclinés ; point de lignes verticales ni horisontales, pas même dans les cabanes ; tout au contraire favorise l'illusion. Cependant, si le Baromètre est incliné, sa hauteur observée est trop grande ; & j'ai souvent éprouvé, que cette différence peut être d'un quart de ligne, sans qu'on s'en apperçoive. Il faut donc nécessairement que le Baromètre soit accompagné d'un *à plomb*, si l'on veut observer avec exactitude (*a*).

Il faut un *à-plomb* au Baromètre.

(*a*) On pensera peut-être qu'il est aisé de suppléer au défaut d'*à-plomb*, en prenant la moindre hauteur

On doit avoir quelque moyen commode de poser le Baromètre à-plomb.

A cette précaution qu'on ne peut omettre sans s'exposer à des erreurs presque inévitables; il faut en ajouter une autre, pour prévenir les effets de la paresse, qui sollicite puissamment lorsqu'on est fatigué. Outre que le Baromètre doit être à plomb quand on l'observe, il faut encore qu'il soit très-solide; pour qu'on puisse, en le frappant, exciter dans le tube des vibrations qui repoussent le mercure, & l'empêchent de se fixer ailleurs qu'au point où il doit se

---

qu'on observe, lorsqu'on cherche à situer le Baromètre verticalement. C'est le moyen qu'employa M. *le Monnier* dans ses observations sur les montagnes d'*Auvergne*, (MERID. VERIF. *Observations d'Histoire Naturelle*, pag. CLXXiij). Mais cette méthode est sujette à des inconvéniens presqu'inévitables. L'adhésion du mercure au tube ne lui permet pas de se mouvoir avec assez de liberté, pour qu'il se conforme exactement aux différentes inclinaisons du Baromètre, sans être aidé par des secousses; & ces secousses ne servent à rien, si le Baromètre n'est pas fixé solidement (406). Ainsi, pour chercher la moindre hauteur du mercure, il faut fixer solidement le Baromètre à chaque fois qu'on change sa position; ce qui produit un tâtonnement long & ennuyeux. Et de plus, comme l'inclinaison du Baromètre peut se faire en tout sens, on peut, sans s'en appercevoir, l'incliner en avant ou en arrière, tandis qu'on cherche à le ramener à la perpendiculaire de droite à gauche ou dans le sens opposé, & réciproquement; ce qui empêche de s'assurer qu'on a trouvé la *moindre hauteur*. On sera moins sûr encore lorsqu'on emploiera des Baromètres à bouteilles; car, par un effet de la forme de cette espèce de réservoir qui contient le mercure, sa moindre hauteur dans le tube n'est pas dans sa position verticale, mais à un certain dégré d'inclinaison, d'autant plus grand, que le cône qui fait la bâse de ces bouteilles est plus obtus.

soutenir

ſoutenir par le poids de l'atmoſphère (*a*). Or comme on a peu de commodité dans les montagnes pour aſſujettir le Baromètre, la fatigue, & quelquefois même la néceſſité, obligent à des obſervations défectueuſes, ſi l'on n'a pas quelque moyen aiſé d'y pourvoir. C'eſt ce que j'ai éprouvé dans le commencement de mes expériences, & qui m'a fait imaginer une machine dont je donnerai la deſcription. (503 & *ſuiv.*)

407. Il faut néceſſairement avoir l'œil à niveau de l'extrémité de la colonne de mercure lorſqu'on obſerve, pour éviter une parallaxe, qui feroit rapporter cette extrémité trop haut ou trop bas ſur l'échelle. On y parvient aiſément en faiſant attention à l'image de l'échelle réfléchie par le tube : car de toutes les lignes *réfléchies*, il n'y en a qu'une qui paroiſſe horiſontale ; c'eſt celle qui eſt à niveau de l'œil. Et comme toutes ces lignes réfléchies deviennent ſucceſſivement horiſontales à meſure que l'œil change de poſition, il eſt aiſé de l'élever ou de l'abbaiſſer juſqu'à ce que la ligne à laquelle on rapporte le haut de la colonne de mercure, paroiſſe horiſontale.

Il faut avoir l'œil à niveau du mercure lorſqu'on obſerve.

Moyen aiſé d'y parvenir.

J'ai eu pour but dans ce Chapitre d'indiquer clairement les moyens par leſquels je ſuis parvenu à connoître *la vraie hauteur de la colonne de mercure, d'une température donnée, qui fait*

Concluſion de ce Chapitre.

(*a*) Il faut commencer à frapper le tube aſſez fortement pour ébranler le mercure, & continuer pendant quelques ſecondes, mais en affoibliſſant les coups, afin que la diminution de preſſion du mercure occaſionnée par ſon mouvement horiſontal dans les premières ſecouſſes, puiſſe ceſſer avant qu'il ſe fixe totalement.

[illegible] *atmoſphère chaque* [illegible] *re.* C'étoit le ſeul [illegible] es les obſervations [illegible] d'en tirer ainſi les [illegible] en attend depuis [illegible] ns les avoir encore [illegible]

[illegible] e n'eſt pas la ſeule [illegible] romètres : on verra [illegible] eſurer les hauteurs [illegible] de cet inſtrument, [illegible] deux ſtations diffé- [illegible] vations ſimultanées [illegible] ſemblables; mais [illegible] Baromètres ſoient [illegible] donné, qui aura [illegible] ciens des formules [illegible] uler les différences [illegible]

[illegible] de ne rien négliger [illegible] ut ce qui concerne le [illegible] le conſtruire ſem- [illegible] l'obſerver avec les [illegible]



CHAPITRE SECOND.

Du Thermomètre.

AVERTISSEMENT.

J'avois d'abord composé ce Chapitre dans un plan abrégé, & uniquement relatif à mes expériences sur le Baromètre. Il étoit lié avec les autres Chapitres par la suite des numéros, *& par des* renvois. *Quelques doutes sur certaines expériences que j'avois recueillies dans les ouvrages de divers Physiciens; de nouvelles vues, & sur-tout les conseils de* MM. de la Condamine & de la Lande, *m'ayant engagé à étudier le Thermomètre avec plus d'attention; j'entrepris des recherches & des expériences, qui m'ont conduit bien plus loin que je ne l'avois prévu.*

Ce Chapitre ayant acquis ainsi beaucoup plus d'étendue; les numéros *qu'il renfermoit originairement, ont été en trop petit nombre pour qu'on pût trouver aisément les matières indiquées par les* renvois, *ou par la* Table. *Si j'avois rapproché les* numéros, *en les mettant en plus grand nombre dans ce Chapitre, il auroit fallu les changer dans tout le reste de l'Ouvrage : ce qui eût été fort pénible, à cause des* renvois, *& de la* Table des matières *déja faite. Je me suis donc déterminé à conserver le même nombre de* numéros *primitifs; mais en les subdivisant. Par exemple : le* N°. 408, *le premier de ce Chapitre, est divisé en trois parties, distinguées par*

les lettres a, b, c, *ajoutées à ce* numéro. *Il en est de même des suivans dans tout ce Chapitre.*

D'autres additions moins considérables, faites ça & là, pendant le long-tems que cet Ouvrage est resté sur le métier, ont produit entre quelques numéros *une distance plus grande qu'elle n'étoit originairement. Je n'avois pas d'abord songé à l'expédient des subdivisions.*

Le Thermomètre fait une partie essentielle du *Baromètre*.

408 *a*. PUISQU'IL faut néçessairement avoir égard aux effets de la chaleur sur le Baromètre, pour que cet instrument nous indique le poids de l'air d'une manière uniforme, le Thermomètre en devient une partie essentielle, & doit l'accompagner dans toutes les observations dont on veut tirer quelque usage.

Il est encore néccessaire à un autre égard dans les expériences sur le poids & sur la densité de l'air.

408. *b*. Mais quoique cette fonction du Thermomètre dans les expériences sur le poids & sur la densité de l'air, soit assez importante pour m'obliger à traiter de sa construction, comme de celle du Baromètre même, on verra dans la suite que le premier de ces instrumens remplit dans ces expériences une fonction plus importante encore : en un mot, que, sans des Thermomètres exactement comparables, il faudroit renoncer à la mesure des hauteurs par le Baromètre.

Il l'est aussi à la mesure des *réfractions*, intimément liée à ces expériences.

408 *c*. Je dirai encore ici par anticipation, que les principes d'où découle cette manière de mesurer les hauteurs, sont immédiatement applicables à la théorie des *réfractions*, qui importe si fort à la partie la plus universellement

utile des observations astronomiques, celle qui consiste à prendre les hauteurs des astres; & que par conséquent un Thermomètre exact, est d'une très-grande importance dans l'Astronomie.

Je n'indique ces usages particuliers du Thermomètre, que parce qu'ils sont relatifs à mon objet principal. L'utilité de cet instrument est trop bien connue, pour que je doive m'étendre sur cette matière, qui d'ailleurs a été supérieurement traitée dans les *Leç. de Phys. expérim.* de M. *l'Abbé Nollet* (*a*). Il est utile à bien d'autres égards assez connus.

J'ai étudié cet instrument avec le même soin que le Baromètre, & je ne l'ai pas trouvé plus parfait. C'est ce que je vais montrer dans ce Chapitre.

Réflexions sur l'état actuel du Thermomètre.

409 *a*. Je n'entreprends pas l'histoire générale du Thermomètre dès son origine; on la trouve dans les ouvrages de divers Physiciens (*b*). Il me suffira dans mon but d'en rapporter Le Thermomètre est encore très-imparfait.

(*a*) Troisième Édition, Tome IV, page 384 & suivantes.

(*b*) (*Dissertations sur la chaleur*, de M. *Martine*, imprimées à Paris chez *Jean-Thomas Hérissant*, en 1751, en un petit volume *in-12*). Je me contenterai de rapporter une note de cet Auteur, qui montre l'embarras où il s'est trouvé, lorsqu'il a voulu remonter à l'origine du Thermomètre. « Cette invention, dit-il *page* » 2, est attribuée à *Drebbel* par ses Compatriotes, » (Boerhaave *Chim.* Tom. I. page 152-156, & Musschenbroeck *Tentam. experim. Acad. del cimento*, addit.

les principales époques, lorsque j'examinerai les diverses questions relatives à cet instrument. Mais il est une conséquence générale de cette histoire, que je dois présenter ici : c'est que l'invention du Thermomètre, belle en elle-même, perfectionnée par les plus grands Physiciens, est encore très-éloignée de nous procurer les avantages qu'on avoit droit d'en attendre.

Erreurs qui sont résultées de la diversité des constructions.

409 *b*. Tous ceux qui ont approfondi cette matière, auront remarqué, qu'un grand nombre d'observations se trouvent inutiles, par la différence des Thermomètres, & par leurs défauts.

» page 8 ; *Essai de Phys.* § 946. Fulgentio (*Vie du* » *Père Paul*, page 158) en fait honneur à son Maî» tre, le *Père Paul Sarpi*, ce grand Oracle de la » République de Venise. Il est vrai qu'on avoit alors » la manie d'attribuer à cet homme célèbre presque » toutes les découvertes curieuses de son siècle. Vin» cenzio Viviani (*Vie de Galilée*, page 67) parle » de *Galilée* comme Inventeur des Thermomètres ; » mais on sait jusqu'à quel point il portoit la véné» ration pour la mémoire de son illustre Maître, (voyez » l'*Histoire de l'Académie des Sciences*, 1703, pages » 169, 175, 176, 180). Ce n'est qu'après leur mort » qu'on a attribué à ces Savans la gloire de cette in» vention. Mais *Sanctorius* (*Comm. in Galen Art. Med.* » pages 736, 842 ; *Comm. in Avicenn. Can. Fen.* 1, » pages 22, 78, 219,) s'en déclare lui-même l'Inven» teur. *Borelli*, (*de mot. animal.* 11 prop. 175,) & *Mal*» *pighi*, (*oper. posth.* pag. 30,) s'attribuent aussi chacun » le mérite de cette découverte. Et les Académiciens » de Florence ne doivent pas être soupçonnés de par» tialité en faveur d'un Savant de l'École de Padoue ».

On peut voir aussi une Histoire abrégée du Thermomètre dans les *Leçons de Physique Expérimentale de M. l'Abbé Nollet*, troisième Édition, Tome IV, page 386.

MM. *Martine* (*a*) & *Micheli du Crest* (*b*) sont parvenus à expliquer diverses observations de chaleur, & à rectifier nos idées sur d'autres, en déterminant quelques points correspondans sur les Thermomètres qui avoient été employés dans ces observations. Mais quelque ingénieuses que soient leurs recherches, les résultats ne sont que de foibles probabilités : & le seul avantage qu'on remporte de la lecture de ces ouvrages, c'est de se défier d'un grand nombre d'observations, sur l'exactitude desquelles on ne formoit aucun doute.

409 *c*. Il reste donc un pas très-important à faire dans la construction du Thermomètre; pas difficile, parce qu'il exige la réunion des idées : c'est de choisir la meilleure construction; de l'admettre généralement, & d'abandonner totalement les autres. C'est vers ce but que j'ai principalement dirigé mes recherches. Je me propose aujourd'hui de présenter aux Physiciens des réflexions & de nouvelles expériences, qui contribueront peut-être à leur prouver la nécessité d'une construction unique, & à les déterminer dans le choix.

Il ne sera vraiment utile, que lorsqu'on sera convenu d'une seule construction.

De la matière du Thermomètre.

410 *a*. L'augmentation de volume des corps par l'augmentation de la chaleur, est le moyen

La dilatation des fluides a toujours été regardée comme la meilleure mesure de la chaleur.

(*a*) *Dissertations sur la chaleur* citées ci-dessus, page 48 à 64.

(*b*) *Recueil de Pieces sur les Thermometres & Barometres, par l'Auteur d'un Thermometre universel*, Bâle, 1757, en 74 pages *in*-4o., page 29 à 42.

général, & peut-être unique, de mesurer les effets de cette cause : & les fluides ont toujours été préférés aux solides ; tant parce que la chaleur produit sur eux de plus grands effets, que parce qu'on peut rendre l'augmentation de leur volume plus sensible, en les contraignant à s'étendre dans des canaux étroits.

Mais les fluides ont des *marches* différentes par les variations de la chaleur.

410 *b*. Mais les fluides n'ont pas tous une même *marche* (*a*) dans leurs dilatations ; les mêmes augmentations successives de *chaleur* qui produisent dans certains fluides des dilatations égales, dans l'esprit-de-vin, par exemple, produisent en d'autres fluides des dilatations qui peuvent aller beaucoup en croîssant, comme dans l'eau, ou en décroîssant, comme dans le mercure & les huiles végétales.

Nécessité d'une convention sur la *matière* du Thermomètre.

410 *c*. Cette considération indique d'abord la nécessité d'une première convention entre les Physiciens : car il n'y a point encore de

---

(*a*) Pour la facilité de l'expression dans cette matière, où la disette des mots consacrés oblige à recourir à des périphrâses, j'emploierai le mot *marche* pour exprimer la suite des dilatations d'un corps quelconque, correspondante à une suite d'augmentations de chaleur, ou la suite des condensations de l'un, correspondante à une suite de diminutions de l'autre. Par *chaleur* j'entends le *feu*, ou une cause, dont un des effets est la dilatation des corps. C'est cet effet que je me propose de comparer avec sa cause principale, *la chaleur*. Quelquefois j'emploierai, par commodité, des expressions abrégées, qui, sans être rigoureusement exactes, ne seront pas équivoques dans les places où je m'en servirai ; j'exprimerai, par exemple, par le mot *température* l'état des corps, quant à la *chaleur* seulement.

matière fixe du Thermomètre. Sans parler de ceux qui, dans les premiers tems, furent construits d'esprit-de-vin ou d'air, NEWTON le fit en 1701 *d'huile de lin* : AMONTONS le fit *d'air* en 1702, & *d'esprit-de-vin* en 1703 : FAHRENHEIT y employa le *mercure* en 1724 ; & DE RÉAUMUR *l'esprit-de-vin* en 1730 ; DE LISLE revint au *mercure* en 1733 ; & MICHELI DU CREST à *l'esprit-de-vin* en 1740. Tous ces Thermomètres ont servi ou servent encore aux observations. Comment donc peut-on s'entendre ? Je le répète ; il faut choisir. Mais il faut quelque principe dans ce choix.

Principe fondamental dans la construction du Thermomètre.

411. Si l'on pouvoit démontrer d'un fluide qu'il mesure des variations égales de chaleur, par des variations dans son volume égales entr'elles, ce fluide devroit certainement être préféré à tout autre pour le Thermomètre ; parce qu'il nous indiqueroit des quantités progressives d'augmentation ou de diminution de chaleur, égales entr'elles ; & conséquemment des rapports vrais entre ces quantités. Quant à la quantité absolue de la chaleur, elle nous sera vraisemblement toujours inconnue. De quelque point qu'on parte pour servir de bâse au premier échelon, ce point aura une quantité de chaleur qu'on ne pourra estimer : car nous ne connoissons dans la nature aucun corps dépourvu de toute chaleur, auquel nous puissions appliquer le Thermometre, pour déter-

Un fluide dont les dilatations égales correspondroient à des augmentations de chaleur égales entr'elles, fourniroit le meilleur Thermomètre possible.

miner la bâse de son échelle. Il faut donc nous contenter de chercher à connoître des quantités de chaleur ajoutées à une quantité fixe. C'est à quoi nous serviroit un fluide qui auroit la propriété dont je viens de parler. Mais ce fluide même n'est pas encore connu, quoiqu'on ait imaginé plusieurs moyens de le connoître (*a*), & peut-être sommes-nous réduits à

Mais un tel fluide est inconnu.

(*a*) On trouve dans les *Mémoires de Mathématique & de Physique rédigés à l'Observatoire de Marseille* (Avignon 1766, *in* 4°. page 36,) un Mémoire qui a pour titre: *Nouvelles vues pour la perfection du Thermomètre.* L'Auteur propose de déterminer des quantités égales de chaleur, par le moyen de mèches égales qui échaufferoient un vâse cylindrique plein d'eau, où l'on auroit plongé un Thermomètre. La chaleur transmise à l'eau par 1, 2, 3, &c. mèches, seroit indiquées par les points où s'éleveroit la liqueur du Thermomètre. On verroit, en employant des Thermomètres de différentes liqueurs, s'il en est une dont les dilatations seroient proportionnelles aux augmentations de la chaleur, que l'Auteur suppose proportionnelles au nombre des mèches. Et si l'on n'en trouvoit point de telles, on gradueroit du moins, par cette méthode, des Thermomètres, qui, par des dégrés inégaux, mais déterminés, mesureroient des quantités égales de chaleur, ajoutées à une chaleur déterminée.

C'est-là un moyen entre plusieurs autres qui ont été imaginés pour parvenir à ce même but. M. *le Sage* m'a communiqué, il y a plus de dix ans, l'idée de mêler des quantités connues d'eau de différentes températures connues aussi, en employant des précautions nécessaires pour communiquer à un même Thermomètre, qui seroit plongé successivement dans différens mélanges, la quantité de chaleur qui devroit en résulter. Il appelloit *équi-différentiel* le Thermomètre qui devoit être gradué par cette méthode, parce qu'il auroit indiqué, non les quantités totales de la chaleur,

chercher celui qui en approche davantage, & qui par cette raison doit être employé, s'il a d'ailleurs toutes les autres qualités requises. J'ai des raisons de croire que ce fluide est le *Mercure*; je vais les exposer.

On est peut-être réduit à chercher celui qui en approche le plus.

Le *mercure* a probablement cette qualité.

---

mais des quantités égales entr'elles, ajoûtées à un dégré de chaleur déterminé.

Quoique ce moyen soit encore sujet à bien des difficultés physiques, il mérite certainement d'être tenté, dès que M. *le Sage* aura détaillé son plan d'expériences sur cet objet. Il me paroît beaucoup préférable à celui des *mèches*. Je ne vois pas qu'on puisse obtenir 1°. que les mèches soient toujours absolument égales dans toutes leurs parties correspondantes; 2°. que l'huile y monte & s'y enflamme toujours également; 3°. que leur position relativement à l'eau du vâse soit telle, qu'elles lui communiquent toutes la même quantité de chaleur; 4°. que les pertes que cette eau fera continuellement de sa chaleur en la communiquant à l'air ambiant, soient toujours proportionnelles à la quantité des mèches. Je ne sais pas même si, lorsqu'on auroit obtenu ces conditions (toutes nécessaires), la chaleur de l'eau seroit toujours proportionnelle à la quantité des mèches; si des émanations concourantes ne se nuisent point, ou ne se favorisent point, selon les angles qu'elles forment entr'elles. Il me paroît donc fort incertain que le succès répondît à l'ingénieuse idée de l'Auteur.

M. *de Buffon* a tenté de semblables expériences par le moyen de son miroir ardent, composé d'un grand nombre de réflexions égales, dont il pouvoit diminuer le nombre, (*Mémoire de l'Académie des Sciences* pour 1748); mais j'en ignore le succès.



Considérations sur la marche *des divers liquides. Raisons de croire que la* mercure *est le liquide dont les dilatations ou condensations approchent le plus d'être proportionnelles aux augmentations ou diminutions de la* chaleur.

Propositions fondamentales.

412. *a.* J'examinerai d'abord les liquides; & je me propose de prouver ces deux propositions fondamentales :

1. *Que les condensations des liquides dont le volume augmente lorsqu'ils se gèlent, ne sont pas proportionnelles aux diminutions de la chaleur.*

2. *Que les dilatations des liquides que la chaleur vaporise aisément, ne sont pas proportionelles aux augmentations de la chaleur.*

Le mercure n'éprouvant point d'accroîssement dans son volume lorsqu'il se gèle; & résistant à l'évaporation plus que tous les autres liquides employés au Thermometre, les preuves de ces deux propositions serviront en même tems à établir cette troisieme :

Le mercure est de tous les liquides employés au Thermomètre, celui dont les variations dans son volume, approchent le plus d'être proportionnelles aux variations correspondantes de la chaleur.

La dilatation de l'eau qui précède sa congélation, en est une première preuve.

Les circonstances qui accompagnent la congélation des liquides, *considérées quant aux conséquences qui doivent en résulter pour leur* marche *antécédente.*

412. *b.* L'eau perd sa fluidité par une dimi-

nuation de chaleur que nous ſupportons aiſément : & l'expérience prouve, qu'avant de ſe convertir en glace, ſon volume ceſſe d'abord de diminuer, & qu'il augmente enſuite, bien que la diminution de la chaleur ſoit manifeſte par de nouveaux dégrés de condenſation en d'autres liquides. C'eſt un fait aſſez connu, & atteſté par M. *de Mairan* dans ſon excellente *diſſertation ſur la glace* (*a*).

412. *c.* Ce n'eſt pas ſeulement près de la congélation que la réſiſtance de l'eau à ſe condenſer commence à paroître : car en comparant ſes condenſations ſucceſſives, depuis le point où elle eſt le plus dilatée ſans être réduite en vapeur, avec celles de l'eſprit-de-vin échauffé au même dégré, on voit que, ſi les condenſations de l'eſprit-de-vin ſont meſu-

Les condenſations de l'eau vont en décroiſſant, comparativement à des condenſations égales de l'eſprit-de-vin.

(*a*) *In-12*, *Paris*, 1749, *page* 123. « Pour vous » convaincre, dit M. *de Mairan*, de la réalité de ce » phénomène, prenez une bouteille de verre à long » col aſſez étroit ; rempliſſez-la d'eau médiocrement » froide juſques vers le milieu de ce col ; faites-y une » marque vis-à-vis de la ſurface de l'eau, & expoſez » le tout à la gelée. Vous verrez l'eau deſcendre peu-à-» peu au-deſſous, juſqu'à 3 ou 4 lignes, juſqu'à un » pouce ou pluſieurs pouces, ſelon que la bouteille » eſt plus grande & que ſon col eſt plus étroit, plus » ou moins vîte, ſelon que la gelée eſt plus ou moins » forte. Bientôt après la ſurface de l'eau s'y arrêtera, & de-» meurera ſtationnaire pendant quelques momens ; après » quoi elle remontera peu-à-peu juſqu'à la marque, » & paſſera enfin au-delà, plus ou moins, par rapport » à la deſcente, ſelon que le dégré de froid où elle » étoit au commencement, ſe trouvoit plus ou moins » ſupérieur à celui de la congélation dont elle approche » dans ces inſtans ».

rées par des dégrés égaux, les condensations correspondantes de l'eau vont en décroîssant, d'abord insensiblement, puis par une progression très-rapide, jusqu'à-ce qu'après avoir été un instant nulles, elles se changent en de vraies dilatations, quoique l'eau soit encore fluide. Ce Phénomène apperçu par M. *Du Crest* (*a*), & que j'ai suivi avec soin, prouve incontestablement, que des condensations égales de l'eau n'indiquent pas des diminutions égales de la chaleur, puisque ce liquide cesse de se condenser, & se dilate même, tandis que la chaleur continue à diminuer.

La cause de la dilatation de l'*eau* prête à se geler, agit dès ses premieres condensations.

412. *d*. Si j'ai pris ici l'esprit-de vin pour terme de comparaison, ce n'est pas que ses condensations soient proportionelles aux di-

(*a*) Page 52 de l'Ouvrage déjà cité. M. *du Crest* parle en cet endroit d'un Thermomètre d'eau dont il a comparé les condensations avec celles du Thermomètre, & il dit avoir trouvé, « que, depuis le terme » de l'eau bouillante, qui étoit à 100 *dégrés* à l'un » & à l'autre, jusqu'au 60e. *dégré* (en descendant), la » condensation s'exécutoit avec la même marche (sen» siblement sans doute). Ensuite cette marche du Ther» momètre d'eau varioit en se condensant un peu moins » jusqu'au 50e. dégré, & depuis là toujours de moins en » moins jusqu'au zéro (qui est le *tempéré*)... enfin jusqu'au » terme de la glace, qui est — 10 $\frac{2}{5}$, le Thermomètre » en fournissoit deux à peine, & avec une extrême » lenteur à y parvenir. Après cela le froid augmen» tant, ... il renfloit plus le volume de l'eau, qu'il ne » s'étoit condensé auparavant pendant le cours de près » de 20 dégrés ». J'ai répété cette expérience, avec toutes les précautions nécessaires pour connoître la vraie correspondance des marches de ces deux liqueurs; je l'indiquerai dans la suite (418 *m*).

minutions de la chaleur ; on verra le contraire dans la suite. Mais comme il continue à se condenser par la diminution de la chaleur, tandis que l'eau se dilate, ses condensations approchent plus que celles de l'eau, d'être proportionnelles aux diminutions de la chaleur. Et puisque les condensations de l'eau suivent une marche décroîssante, comparativement à des condensations successivement égales de l'esprit-de-vin, on doit en conclurre, que la cause qui change enfin les condensations de l'eau en dilatations, tandis que la chaleur continue à diminuer, agit dès le prémier moment ; & qu'en général, ses condensations ne sont pas proportionnelles aux diminutions de la chaleur.

L'esprit-de-vin affoibli se gèle plus difficilement que l'*eau*, & ses condensations successives se conservent plus grandes.

412. *e.* L'esprit-de-vin affoibli par l'évaporation d'une partie de son huile inflammable, ou par le mélange d'une certaine quantité d'eau, conserve plus longtems sa fluidité que l'eau pure : il peut se geler cependant ; &, comme l'eau, il se dilate lorsqu'il est près de se geler (*a*). Mais sa résistance totale à la con-

(*a*) Les Thermomètres de M. *de Réaumur* étoient faits d'esprit-de-vin rectifié, mêlé seulement d'$\frac{1}{5}$ d'eau (442 8). Celui qui fut porté au cercle polaire par MM. les Académiciens de Paris qui allèrent y mesurer un arc du méridien, est une preuve de ce que je dis dans le texte de l'esprit-de-vin affoibli. Voici ce qu'on trouve dans le *Journal* de M. l'Abbé *Outhier*, *Amst.* 1746, *page* 223. « Le » Thermomètre de mercure a été le Dimanche matin » (6 Janvier 1737) à 33 (au-dessous de 0).... Le soir » du même jour, ce Thermomètre etoit à 37, pendant » que celui d'esprit-de vin n'étoit qu'à 29 ; & ce dernier » étoit gelé le Lundi matin, & *avoit remonté* à la tempé» rature des caves de l'Observatoire. M. de Maupertuis

densation étant plus tardive, ses condensations suivent une marche moins décroissante que celles de l'eau, par les mêmes diminutions de la chaleur (*a*).

Celles de *l'esprit de vin* rectifié se conservent plus grandes encore, & il se gèle tres-difficilement.

412. *f.* Enfin, l'esprit-de-vin assez rectifié pour enflammer la poudre, ne se gèle peut-être par aucun *froid* connu (*b*): & en même tems ses condensations suivent une marche croîssante, comparativement à celles de l'esprit-de-vin affoibli. Mais elles vont beaucoup en décroîssant, comparativement à des condensations du mercure égales entr'elles. Or l'on sait que l'esprit-de-vin qui n'est rectifié que par la distillation, contient encore beaucoup d'eau ou de flegme; car il est moins spiritueux que *l'éther*, qui lui-même contient encore du flegme. Ainsi la *marche* de tout esprit-de-vin est affectée de celle de l'eau, dont les condensations sont si éloignées d'etre proportionnelles aux diminutions de la chaleur.

Cependant elles vont en diminuant comparativement à celles du *mercure*.

Conséquences qui découlent de ces phénomènes, relativement aux liquides aqueux.

412. *g.* En rassemblant tous ces faits, & en généralisant, comme l'analogie semble le permettre; on peut en tirer les conséquences suivantes: 1°. Que le volume d'un liquide aqueux augmente quand ce liquide se convertit en glace. 2°. Que même avant cette conversion, son

---

» l'a porté en cet état dans sa chambre; dans le premier » instant qu'il a dégelé, il a beaucoup descendu, & ensuite il a remonté à la température de la chambre ».

(*a*) C'est ce qu'indique encore une expérience de M. *du Crest* (page 23 de l'Ouvrage cité ci-devant) que j'ai répétée, & dont je donnerai le résultat dans la suite.

(*b*) Voyez l'expérience faite à *Pétersbourg* par M. *Braun*, que je rapporte ci-après.

volume commence à augmenter, ou qu'au moins il cesse de diminuer. 3°. Que sa tendance à augmenter en volume se fait appercevoir dès ses premières condensations, par les diminutions qu'elles éprouvent, comparativement à celles d'un liquide de même genre qui ne se gèle que par une plus grande diminution de chaleur. 4°. Que plus il faut de diminution de chaleur pour qu'un liquide cesse de se condenser; ou, ce qui revient au même, moins la cause de la cessation de condensation retarde chaque degré de condensation d'un liquide, plus aussi ses condensations approchent d'être proportionelles aux diminutions graduelles de chaleur qui les produisent (*a*).

Un liquide aqueux obéit dans ses condensations à deux causes, dont l'une les produit & l'autre les diminue.

411 *h*. Il paroît encore naturel de conclurre de ces propositions générales; qu'un liquide aqueux obéit dans ses condensations à deux causes, dont les effets sont opposés: l'une est la diminution de la chaleur, dont l'effet distinct est la condensation du liquide: l'autre est celle, quelle qu'elle soit, qui, lorsque le liquide est près de s'endurcir, augmente sensiblement son volume; dont les effets se font appercevoir par la diminution de ceux de la première cause, dès l'instant où le liquide commence à se condenser.

(*a*) Ce que je dirai des *condensations* comparées aux *diminutions* de la chaleur, devra toujours s'entendre réciproquement des *dilatations* comparées à ses *accroîssemens*. On ne pourroit exprimer l'inverse de chacune de ces propositions ou de leurs corollaires, sans tomber dans des longueurs ennuyeuses & inutiles. Je parlerai d'ailleurs des *dilatations*, lorsque j'examinerai l'effet du plus ou du moins de chaleur qu'un fluide peut supporter.

Cette hypothèse se concilie avec toutes celles qu'on a imaginées sur la cause de l'augmentation de volume de l'eau qui se gele.

413 *a*. Cette supposition de l'action continuelle de la cause qui augmente le volume de la glace, pouvant paroître étrange, je m'arrêterai un moment à prouver sa possibilité. Il me suffira pour cet effet de montrer, que les principales hypothèses qu'on a imaginées pour expliquer l'augmentation de volume de l'eau qui est prête à se geler, expliquent aussi cette continuité d'action.

Elle est d'accord avec l'hypothése de M. l'*Abbé Nollet*, que le volume de l'air qui se rassemble, s'ajoûte à celui de l'eau.

413 *b*. Je commencerai par l'hypothèse de M. l'*Abbé Nollet*. Cet habile Physicien suppose (*a*) que, lorsque l'eau est fluide, l'air qu'elle renferme »en occupant les pores, c'est-à-dire » des places vuides ou comme telles, n'en augmente point le volume; mais que sitôt qu'il » se met en globules sensibles, il interrompt la » continuité de la masse & la rend plus grande». Dans cette hypothèse, qui, très vraisemblablement, explique du moins une partie de l'effet, on voit bien que l'air peut commencer à se rassembler en globules imperceptibles, dès que ses particules commencent à se rapprocher.

Elle l'est aussi avec les hypothèses de M. *de Mairan*.

413 *c*. La même chose peut avoir lieu dans la principale des hypothèses de M. *de Mairan*. Ce célèbre Academicien indique trois causes de l'augmentation de volume de la glace (*b*); 1°.

L'augmentation de volume de l'air rassemblé.

La réunion des particules d'air disséminées dans l'eau; qui se rassemblent à mesure que les particules intégrantes de ce liquide se rapprochent,

---

(*a*) *Leçons de Physique expérimentale*, troisième Edition, Tome IV, page 102.

(*b*) *Dissertation sur la glace*, Paris, 1749, page 126 & suiv.

& qui acquierent ainſi une plus grande force expanſive, tant par leur moindre ſurface à raiſon de leur ſolidité, que par la moindre courbure de cette ſurface produite par l'augmentation du diamètre des bulles. 2°. Le déplacement des parties intégrantes de l'eau, occaſionné par la ſortie ou par le déplacement de l'air mêlé avec elles. 3°. Un autre dérangement des parties intégrantes de l'eau, produit par la manière dont elles cherchent à ſe grouper, en vertu d'une tendance à s'incliner les unes vers les autres ſous un angle de 60 dégrés ou de 120 dégrés qui eſt ſon ſupplément.

Le déplacement des parties de l'eau par la ſortie de l'air & par la tendance de ces parties à s'incliner les unes aux autres ſous certain angle.

413. *d.* Ces cauſes n'étant point oppoſées, peuvent toutes concourir au même effet : mais la première ſurtout me ſemble très-puiſſante : elle paroît d'abord ſemblable à celle qu'indique M. l'*Abbé Nollet*; cependant elles diffèrent en ceci, que dans cette dernière le volume de l'air ne change point : il eſt ſimplement ajouté à celui de la liqueur, lorſque l'air, ſortant de ſes pores devenus trop étroits pour le contenir, ſe raſſemble en globules. Ce ſeroit là une cauſe ſuffiſante, ſi le volume total de l'eau & de l'air ceſſoit ſimplement de diminuer : mais il augmente : & dans l'hypothèſe de M. *de Mairan* on en voit la raiſon : c'eſt que le volume de l'air, pris ſéparément, doit augmenter par la réunion de ſes particules ; ce qui produit l'augmentation du volume total.

Différence de la première de ces hypothèſes avec celles de M. l'*Abbé Nollet*.

La cauſe aſſignée par M. *de Mairan* paroît très-probable.

413 *e.* Cette hypothèſe peut acquérir un très-haut dégré de probabilité, par une nouvelle manière de concevoir la cauſe de l'élaſticité, dont M. *Le Sage* eſt l'inventeur (188).

M. *le Sage* expliquera, par une nouvelle théorie de l'élaſticité, comment

celle de l'air augmente quand il sort d'un espace fort étroit.

Notre amitié, & l'avantage que la physique retireroit des ses découvertes, me font désirer vivement que sa santé lui permette enfin de donner au Public un ouvrage auquel il travaille depuis longtems. Mais indépendamment des explications que peut fournir sa Théorie sur l'augmentation de force que reçoit une même quantité d'air, quand ses particules (auparavant séparées & renfermées dans des espaces fort petits) viennent à se réunir & à occuper plus de place; voici une preuve de cette proprieté de l'air, tirée de l'expérience.

Preuve tirée de l'expérience. Quand on décharge du poids de l'air la liqueur d'un Thermomètre, son volume augmente d'abord un peu.

413 *f.* Lorsqu'on scelle un Thermomètre d'eau, d'huile, d'esprit-de-vin ou de quelqu'autre liqueur semblable, pendant que la liqueur, dilatée par la chaleur, occupe tout le tube, la partie du tube qu'elle abandonne en se condensant, reste d'abord vuide d'air. Le premier effet qui en résulte ordinairement, quant au volume de la liqueur; c'est que l'air renfermé dans ses interstices, qui n'est plus comprimé par le poids de l'Atmosphère, occupant un peu plus de place, soulève sa colonne. C'est ce qu'on reconnoît en rompant le bout du tube: car dans l'instant où l'air extérieur y rentre, on voit la liqueur s'abbaisser, plus ou moins, suivant sa nature & les circonstances. Cet abbaissement n'excède par ordinairement ½ dégré du Thermomètre de M. *de Réaumur*.

Il s'y forme ensuite des bulles d'air, dont quelques unes s'arrêtent à la naissance du tube.

413 *g.* Ce premier effort de l'air renfermé dans la liqueur, ouvrant des issues entre ses particules, il s'en dégage peu-à-peu & il en sort quelquefois sans qu'on l'apperçoive. Mais comme il ne peut pas toûjours enfiler le tube

librement ; il se rassemble souvent en bulles assez grosses dans la boule. Tant que le diamètre des bulles est beaucoup plus petit que celui du tube, elles montent au travers de la liqueur : mais si le diamètre du tube n'excède pas $\frac{1}{4}$ de ligne, il arrive le plus souvent, qu'une bulle d'air reste engagée à la naissance du tube, & qu'alors le volume de la liqueur est augmenté de tout celui de la bulle.

Et le volume de la liqueur est augmenté.

413 *h*. Ce dernier cas nous fournit un exemple de ce qui arrive dans l'eau qui se gèle. Une cause quelconque y rassemble en bulles les particules d'air dispersées : par cela seul leur force élastique augmente. Elles agissent donc plus fortement pour dilater la liqueur : de-là l'augmentation de son volume, ou du moins la plus grande partie de cette augmentation. Quand ces bulles peuvent se dégager d'entre les lames de la glace, elle sortent de l'eau sous un volume visible. Mais il en reste toujours plus ou moins entre ces lames, qui traversent l'eau en tout sens. Voila pourquoi la glace formée par un froid subit & violent, qui produit d'abord une multitude de lames, contient toujours une plus grande quantité de bulles d'air, que celle qui se forme lentement par un froid qui suffit à peine pour geler l'eau. Les premières bulles d'air retenues dans la glace, fournissent des issues aux particules de ce fluide engagées dans la liqueur : ces particules s'y portent de proche en proche ; & leur force élastique augmentant, soit parce qu'elles se meuvent dans un espace plus grand, soit parce qu'elles agissent avec plus d'avantage ; chacune des bul-

Application de cette expérience à l'augmentation de volume de l'eau qui se gele.

les primitives acquiert enfin assez de force pour écarter la liqueur, & pour rompre la glace, & souvent même les vâses qui la contiennent.

De petites bulles d'air invisibles contribuent à l'effort que fait l'eau pour se dilater quand elle se gèle.

413 *i.* Il est vraisemblable aussi, qu'une grande quantité de globules d'air, trop petits pour être visibles, même à la loupe, contribue à augmenter le volume de la glace, sans la rendre opaque. Si l'on fait geler de l'eau dans un verre, la croûte qui se forme d'abord se crevasse de tems en tems avec bruit, & à chaque fois, on voit paroître une multitude de bulles d'air qui s'engagent dans les lames de la glace. Ces bulles, jusques-là imperceptibles, quoique composées de particules dont l'élasticité étoit déja fort accrûe par leur réunion, aidées dans leur effort par celui des bulles déjà visibles, ont rompu la glace, & sont devenues visibles par l'augmentation de leur volume. A chacun de ces pétillemens de la glace, son volume augmente, elle se soulève, & sa surface devient convexe.

Preuve tirée de l'augmentation des bulles d'air dans les Thermomètres.

413 *k.* Les Thermomètres dont j'ai parlé, peuvent encore fournir une preuve de cette explication. La première bulle d'air qui s'engage dans quelque partie de la liqueur, devient le réceptacle de l'air qui se dégage peu-à peu. Chaque particule qui entre dans cet espace, acquiert un nouveau degré de force élastique; & contribue ainsi à soulever la liqueur. Cet effet n'est pas équivoque, puisque le volume de la liqueur & de l'air pris ensemble, augmente de 20, 30 & même jusqu'à 150 dégrés de l'Echelle de M. *de Réaumur*; j'ai vu cet excès dans un Thermomètre d'huile d'olive.

413 *l.* Dès que les particules d'air commencent à se rassembler dans une liqueur; quelle que soit la cause qui les rassemble, le volume de cette liqueur augmente, bien avant qu'il y ait des bulles visibles. Entr'autres observations, je l'ai remarqué dans ce Thermomètre d'huile. Sa colonne ayant été soulevée presque jusqu'au haut du tube, par l'air qui s'étoit élevé de la boule, je la fis redescendre, & je réglai le Thermomètre à l'eau bouillante & à la glace. Un mois après, remarquant quelque irrégularité dans ses indications, je le remis dans la glace, & je fus bien surpris de voir qu'il s'y tenoit un dégré plus haut qu'il ne l'avoit été dans la première expérience. Le lendemain encore je trouvai la même différence. J'examinai attentivement & en tout sens la boule & le tube, & n'appercevant aucune bulle d'air, je crus que le fil qui devoit marquer le point de la glace sur le tube, étoit dérangé. Sept ou huit jours après je vis une bulle d'air engagée à l'orifice de la boule, qui avoit soulevé la liqueur de plus d'un dégré. Je ne doutai point alors qu'il n'y eût eu une augmentation réelle dans le volume de l'huile, produite par l'air qui continuoit à se dégager des interstices de la liqueur; mais qui, jusqu'à la formation de la bulle, sortoit imperceptiblement sans se rassembler au point de devenir visible. Cette bulle augmenta pendant huit jours, & parvint à occuper un espace de 15 dégrés. Impatient de voir si le volume de l'huile s'étoit rétabli dans son premier état par la sortie de cet air, je fis redescendre la colonne d'huile, avant que l'air fût totale-

Nouvelle preuve tirée d'un Thermomètre d'huile.

ment sorti : & ayant mis le Thermomètre à la glace, il s'arrêta trois quarts de dégré au-dessous du point où je l'avois trouvé dans les dernières expériences ; c'est-à-dire à $\frac{1}{4}$ de dégré seulement au-dessus de celui où il s'étoit tenu dans la prémière.

Continuation de la même expérience.

413 *m.* Longtems après cette troisième épreuve, je mis mon Thermomètre dans un mélange de glace & de sel marin. L'huile se retira totalement dans la boule, & s'y figea. Je parlerai dans la suite de cette expérience. Quand l'eau salée se réchauffa, l'huile remontant dans le tube, laissa une petite bulle d'air à l'entrée de la boule, je l'y laissai dans l'intention de voir si elle n'augmenteroit point. Le lendemain je la trouvai fort allongée ; chaque jour elle prit de nouveaux accroîssemens ; de sorte qu'au bout d'un mois, elle occupoit 25 dégrés dans le tube. Je fis encore redescendre la colonne suspendue, avant qu'elle eût cessé de s'élever. Je mis le Thermomètre à la glace ; & au-lieu de s'être rapproché de son point primitif, il s'en étoit écarté de nouveau : le volume de l'huile étoit de $\frac{1}{4}$ de dégré plus grand que dans la première expérience. J'ai observé à-peu-près les mêmes phénomènes dans un autre Thermomètre fait de même liqueur.

Ainsi dès que l'air commence à occuper de plus grands espaces dans un liquide, il tend à en augmenter le volume.

413 *n.* Les observations que je viens de rapporter font voir, indépendamment de la théorie, que, quand les particules d'air disséminées dans un liquide viennent à se rassembler, par quelque cause que ce soit, elles acquièrent plus de force pour écarter les particules du liquide ; & que cet effet peut être produit long-

tems avant que les petits amas d'air deviennent visibles, & avant même qu'ils soient capables de se frayer des routes à travers la liqueur.

413 *o.* On ne peut pas attribuer le même effet à la tendance supposée par M. *de Mairan* dans les particules de l'eau à s'incliner les unes aux autres sous un certain angle : cette cause ne peut agir sensiblement qu'au moment de la congélation ; c'est-à-dire, lorque les particules étant très-rapprochées, s'attirent avec force. Mais la troisième cause qu'il a imaginée, peut produire cet effet ; car si l'*air*, *en se dégageant des interstices de l'eau*, *occasionne un dérangement dans les parties intégrantes de ce liquide*, *qui tende à augmenter son volume*, ce derangement peut avoir lieu, dès qu'il se fait une différente combinaison de l'eau & de l'air, c'est-à-dire, dès que le dégré de chaleur qui tient le liquide dilaté autant qu'il peut l'être, commence à diminuer. Les autres causes supposées par M. *de Mairan*, examinées sous ce point de vue.

413 *p.* En général, puisque les condensations des liquides aqueux cessent par dégré, deviennent nulles, & se convertissent enfin en dilatations, tandis que par d'autres indices, & à nos sens même, la chaleur diminue de plus en plus ; il est très-probable que la cause qui produit finalement ces dilatations, influe dès les premières diminutions de la chaleur, & qu'elle rend ainsi décroîssante la marche des condensations de ces liquides, quoique les diminutions de la chaleur soient égales entr'elles. En général, la *marche* de l'eau montre que la cause de l'augmentation de son volume quand elle se gèle, peut faire obstacle à sa condensation dès les premières diminutions de la chaleur.

413 *q.* Voici une image sensible de cette complication de deux causes qui se surmon- Exemple de deux causes opposées qui

Se surmontent l'une l'autre.

tent l'une après l'autre, quoique toujours agissantes. Qu'on prenne un tube de verre de trois à quatre pieds de longueur & de demi-ligne de diamètre, à l'un des bouts duquel on ait fait souffler une petite boule ; que tenant ce tube dans la situation verticale, le bout ouvert tourné vers le haut, on y introduise une petite colonne de mercure, de manière qu'occupant d'abord toute la largeur du tube, elle reste suspendue par l'air renfermé : qu'on verse alors du mercure dans ce tube en filets fort minces, on verra que son poids, ajouté successivement à la colonne primitive, la fera descendre pendant quelque tems. Cette colonne s'abbaissera ainsi, quant à sa position, quoiqu'elle s'allonge réellement. Elle obéira donc à deux causes ; savoir, à l'addition d'une nouvelle quantité de mercure, qui tendra à élever sa partie supérieure ; & à l'augmentation de poids, qui tendra à la faire descendre, & qui sera victorieuse au commencement de l'expérience, parce que l'air renfermé se comprimera encore aisément. Quand la condensation de l'air sera parvenue à un certain point, l'extrémité supérieure de la colonne paroîtra un moment stationnaire : les effets des deux causes se compenseront alors. Enfin l'addition du mercure l'emportant sur la compressibilité de l'air renfermé, l'allongement de la colonne ne se fera sensiblement, que vers le haut.

Application aux Therm. faits de liquides aqueux.

413 *r*. Il me paroît que cette expérience représente si bien les condensations des *liquides aqueux*, suivies de dilatations, quoique

la diminution de la chaleur continue, qu'elle rend très-ſenſible mon idée ſur la raiſon de ce changement ; ſavoir, que ces liquides obéiſſent à deux cauſes oppoſées dans leurs effets. Ainſi, quoiqu'on ne puiſſe pas affirmer que, ſi les diminutions ſucceſſives de la chaleur, qui ſont une de ces cauſes, agiſſoient ſeules dans ces liquides, leurs condenſations ſeroient exactement proportionnelles à ces diminutions; du moins paroît-il démontré, qu'elles en approcheroient beaucoup plus, ſans l'oppoſition de la cauſe qui les dilate *enfin* lorſqu'ils ſont près de ſe geler. Moins donc la cauſe qui tend à produire cet effet extrême dans les *liquides aqueux*, agit dans chaque dégré de *refroidiſſement*; plus leurs condenſations doivent approcher d'être proportionnelles aux diminutions de la chaleur.

Telle fut la conſéquence que je tirai des réflexions que je viens d'expoſer. Mais je ne crus pas devoir l'admettre définitivement, ſans de nouvelles recherches.

414 *a.* Mes premières expériences directes ne furent qu'une répétition de celles qui avoient donné lieu à mes conjectures ſur la *marche* des *liquides aqueux* : j'y apportai ſeulement plus de ſoin & de méthode. Je fis un Thermomètre d'eau pure; j'en fis un d'eſprit-de-vin qui brûloit la poudre ; & pluſieurs autres de différens mélanges de ces deux liquides. Plus la quantité de l'eſprit-de-vin étoit grande, relativement à celle de l'eau, & par conſéquent moins le composé étoit ſuſceptible de ſe geler, moins auſſi ſes condenſations alloient

Nouvelles expériences faites ſur des liqueurs différemment ſpiritueuſes.

Moins la liqueur étoit ſuſceptible de geler, moins ſes condenſations ſucceſ-

ſives alloient en diminuant. en décroîſſant, comparativement à des condenſations toujours égales du mercure.

Objection contre cette ſorte d'expériences. 414 *b.* Ces nouvelles expériences augmentoient certainement la probabilité de mon ſyſtême. Cependant on pouvoit objecter, qu'il s'agiſſoit moins là d'un changement dans *l'eau* même, que d'un mélange de deux liqueurs, *l'eau* & *l'eſprit-de-vin*, dont les condenſations devoient ſuivre une *marche* composée de celle de chacune de ces liqueurs priſes ſéparément, ſans que cette *marche* moyenne eût de liaiſon avec la propriété qu'acquéroit le mélange de ſe geler plus aiſément que l'eſprit-de-vin, & plus difficilement que l'eau. Cette objection n'étoit pas ſans réponſe directe (426 *k*); mais je préférai une autre épreuve qui n'y donnoit pas lieu.

Expérience plus directe, en ajoutant du *ſel marin* à l'*eau* pour retarder ſa congélation. 414 *c.* Le *ſel marin* rend *l'eau* ſuſceptible de ſupporter une grande diminution de chaleur ſans ſe geler. En partant de mon hypothèſe, je jugeai que les condenſations d'une *eau* dans laquelle on auroit fait diſſoudre du *ſel marin*, ſuivroient une marche croîſſante, comparativement à celles de *l'eau douce*. Je commencai donc par chercher quelle diminution de chaleur l'eau ſalée pouvoit ſupporter ſans ſe geler.

Expérience ſur le dégré de *froid* que l'eau ſaturée de ſel marin peut ſupporter ſans ſe geler. 414 *d.* Je pris de *l'eau ſaturée de ſel marin*, je la mis dans un petit vâſe de fer blanc; & celui-ci dans un plus grand, que je remplis de glace mêlée de ſel marin. Un Thermomètre de mercure plongé dans l'eau ſalée du petit vâſe deſcendit à 15 dégrés au-deſſous de *zéro*, & cette eau ne ſe gela point. Je vis par cette

première expérience, que *l'eau saturée de sel marin* reste fluide à — 15 du Thermomètre de mercure. Mais je remarquai bientôt que cette propriété s'étend bien plus loin : car puisqu'il n'y a point de refroidissement dans un mélange de sel & de glace, sans liquéfaction ; que même c'est proprement la liqueur produite par le mélange qui se refroidit ; il s'ensuit que *l'eau saturée de sel marin* soutient sans se geler la plus grande diminution de chaleur qu'on puisse occasionner par le mélange de ce sel avec la glace. Or, M. *de Réaumur* a poussé cette diminution jusqu'à — 22 de son Thermomètre, en employant de la glace & du sel très-refroidis (*a*).

Elle soutient sans se geler le plus grand *froid* qu'on puisse produire par le mélange du sel & de la glace.

414 *e*. Le sel marin ayant tant d'efficacité pour empêcher l'eau de se geler, j'en inferai suivant mon hypothèse ; qu'il changeroit beaucoup la *marche* de l'eau dans ses condensations : c'est-à-dire, que les condensations de l'eau salée, suivroient une marche beaucoup moins *décroissante*, que celles de l'eau naturelle.

Conséquence tirée de cette propriété.

414 *f*. J'eus le plaisir de voir que l'expérience appuya mon raisonnement. Je fis un Thermomètre *d'eau saturée de sel marin*, teinte avec du *tournesol ;* & je trouvai, que ses condensations suivoient une marche *croissante*, non-seulement par comparaison à celles de l'eau douce, mais relativement à celles de l'esprit-de-vin le plus rectifié. On verra dans la suite,

Confirmée par l'expérience. Thermomètre d'eau *saturée de sel marin*. Ses condensations successives vont moins en diminuant que celles de l'*esprit-de-vin*.

(*a*) Mémoires de l'Académie des Sciences, 1734, *in*-12, page 254.

un tableau de la correspondance des *marches* de ces Thermomètres.

Tentative pour empêcher celles de l'*esprit-de-vin* de diminuer en le *salant*.

414 *g*. Cette influence du sel marin sur les condensations de l'eau, me fit soupçonner que, si l'on pouvoit saler le *flegme* de *l'esprit-de vin*, on rapprocheroit beaucoup sa *marche*, de celle du mercure. J'essayai de le faire, mais je trouvai que l'esprit-de-vin ne dissout que très-peu de sel. Cependant la petite quantité dont il se chargea, produisit sur lui l'effet que j'avois attendu; les condensations de cet *esprit-de-vin salé* suivirent une marche *croissante*, comparativement à celles de l'esprit-de-vin naturel.

Elle a peu de succès, parce que l'*esprit-de-vin* dissout peu de *sel*.

Conséquences des expériences précédentes. Les *liquides aqueux* ne se condensent pas proportionnellement à la diminution de la chaleur.

414 *h*. Ces expériences sur des *liquides aqueux*, montroient donc assez clairement deux choses; la première, que nous ne pouvons attendre de cette espèce de liqueur, une mesure des variations de la chaleur qui soit proportionnelle à ces variations : la seconde, que leur défaut commun est de se condenser successivement moins qu'ils ne se condenseroient si la diminution de la chaleur agissoit seule dans le changement de leur volume. Mais avant d'admettre ces propositions comme démontrées, je voulus encore les vérifier par des expériences faites sur une autre espèce de liquide.

Expériences sur l'*huile d'olive*, qui se condense en se figeant. Suivant l'hypothèse, les condensations doivent

414 *i*. *L'huile d'olive* se fige dans une certaine température; mais le volume des parties figées n'augmente pas; il diminue au contraire; & les parties qui les premières ont perdu leur liquidité, vont au fond du vâse. J'en inferai, suivant mon hypothèse; que les

condensations de cette huile devoient suivre une marche *croîssante*, comparativement à celles de l'esprit-de-vin le plus rectifié.

être moins décroissantes que celles des liquides qui se dilatent en se gelant.

414 *k*. Pour vérifier cette conjecture, je fis deux Thermomètres d'*huile d'olive*, coloriés avec de l'orcanette. Après les avoir purgés d'air, je les mis dans la glace par une température extérieure d'environ + 16: ils descendirent & se tinrent plusieurs heures au même point. L'huile qu'ils contenoient n'étoit pas figée, non plus que de la même huile renfermée dans une petite bouteille, & plongée avec ces Thermomètres dans la glace. Je marquai avec un fil sur leur tube le point où ils s'étoient arrêtés; & je divisai en 80 parties, l'espace compris entre ce point & celui de l'eau bouillante; comme je l'avois fait sur tous mes autres Thermomètres.

Thermomètres faits d'*huile d'olive*.

414 *l*. Le premier usage que je fis de ces Thermomètres d'*huile d'olive*, fut de les comparer aux Thermomètres d'esprit-de-vin & de mercure, & je trouvai que leurs condensations suivoient une marche très *croîssante* rélativement à *celles* de *l'esprit-de-vin*, & très-peu *décroîssante* rélativement à celles du *mercure*. C'étoit là l'observation la plus importante que j'eusse à faire; elle confirma mon systême au point de ne me laisser aucun doute. Mais les observations suivantes méritent quelque attention.

Les condensations de l'*huile d'olive* vont moins en décroissant que celles de l'esprit-de-vin.

414 *m*. L'huile de mes Thermomètres plongés dans la glace ne s'étant pas figée, je voulus savoir l'effet qu'y produiroit la congélation artificielle. Je les mis donc, avec une petite fiole de la même huile & un Thermo-

Les Thermomètres d'*huile d'olive* mis dans de la glace mêlée de sel.

mètre de mercure, dans un mélange de glace & de sel marin, qui fit descendre ce dernier Thermomètre à — 14.

Définition des *dégrés* dont il sera parlé dans ces expériences.

414 *n.* (J'avertis ici que toutes les fois que je parle de *dégrés* d'un Thermomètre, sans autre explication, ces *dégrés* sont toujours des 80mes. de l'espace compris entre les points qui marquent la température de *la glace qui fond*, & celle de *l'eau bouillante*; & que le *zéro* est à *la glace qui fond*).

L'huile des Thermometres ne se figea pas dans cette premiere expérience.

414 *o.* Les Thermomètres d'*huile d'olive* s'étant abbaissés à-peu-près au même dégré que le Thermomètre de mercure, je ne doutai point que l'*huile* ne fût figée par cette diminution de chaleur, fort supérieure à celle qui produit cet effet ordinairement. Cependant pour m'en assurer, je retirai mes Thermomètres de la glace, & je vis que l'huile conservoit toute sa transparence; ce qui me parut indiquer qu'elle n'étoit pas figée. Craignant pourtant d'être trompé par cette apparence, je rompis la boule d'un de mes Thermomètres; & ayant reçu l'huile dans un vâse, je vis qu'elle avoit toute sa liquidité, tandis que l'huile de la petite fiole étoit entièrement figée. Je laissai dans le mélange de sel & de glace le Thermomètre qui me restoit; & lorsque ce mélange se réchauffa, le Thermomètre d'huile remonta à-peu-près semblablement à celui de mercure.

La privation d'air y contribua probablement.

414 *p.* Je ne m'arrêterai par à détailler diverses expériences que je fis, dans le dessein de découvrir pourquoi l'huile de mes Thermomètres ne s'étoit pas figée; je dirai seulement que la privation d'air y contribua probablement. Car

Car l'huile du Thermomètre rompu se figea par une moindre diminution de chaleur, après qu'elle eut repris de l'air. Je crus cependant que par un *froid* plus grand que celui de la première expérience, l'huile du Thermomètre se figeroit aussi; ce qui m'engagea à la réitérer.

414 *q*. Je pris pour cette seconde expérience un vâse plus grand que pour la première: il contenoit 4 livres de glace pilée & 2 livres de sel marin. Quand la glace fut à demi fonduë, je mis dans ce vâse le Thermomètre d'*huile* qui me restoit & un Thermomètre de mercure. L'huile demeura liquide, quoiqu'à 14 dégrés au-dessous de *zéro*: le Thermomètre de mercure étoit à-peu-près au même dégré. La quantité de glace & de sel étant plus grande que dans la première expérience, le mélange se réchauffa plus lentement. Le Thermomètre de mercure remonta peu-à-peu jusqu'à — 8; l'autre remonta aussi, mais il resta toujours plus bas que le premier. A ce point je remarquai que, tandis que le Thermomètre de mercure continuoit à monter, le Thermomètre d'*huile* restoit fixe. Cette singularité attira mon attention, & je fus bien plus étonné de le voir recommencer à descendre & continuer jusqu'à — 12: le Thermomètre de mercure étoit encore remonté de 3 dégrés. Dans ce moment l'*huile* étoit figée; on le connoissoit à ce qu'elle avoit perdu sa transparence. L'*huile* resta immobile pendant que le mercure parcourut encore un dégré, elle commença alors à remonter; & quand le Thermomètre de mercure fut parvenu à *zéro*, le Thermomètre d'*huile*

Répétition de la même expérience dans un plus grand vâse.

Le Thermomètre d'*huile d'olive*, après être remonté, redescendit beaucoup, quoique la chaleur allât en augmentant

étoit à — 6½. Quand le premier fut + 5, le Thermomètre d'*huile*, dont la dilatation s'étoit accélérée, se trouva à + 4½. Enfin quand le Thermomètre de mercure fut à + 10, le Thermomètre d'*huile* se trouva à + 9½; qui est le point que j'ai trouvé correspondre constamment au 10me. dégré du Thermomètre de mercure.

La même expérience réitérée une seconde fois avec un plus grand *froid* artificiel.

414 *r*. La bisarrerie de cette marche me fit craindre qu'elle ne dépendît de quelque circonstance particulière, qui auroit fait diminuer la chaleur autour du Thermomètre d'*huile*, tandis qu'elle augmentoit dans les autres parties du vase; & je n'osai attribuer à l'*huile* ce phénomène singulier, sans une nouvelle expérience. Je mêlai cette fois la glace & le sel autour de mes Thermomètres sans attendre pour les y plonger que la glace fût en partie fonduë. Je l'avois attendu dans mes prémières expériences, parce que je craignois que mes Thermomètres ne se rompissent, pendant la congélation subite & momentanée de l'eau qui environne la glace quand elle fond; & qui, restant douce un moment, se gèle & lie très-fortement les morceaux de glace.

L'huile d'olive s'abbaisse encore plus dans la seconde descente.

414. *s*. Ce changement dans l'expérience, que mes Thermomètres subirent sans accident, les fit descendre beaucoup plus bas qu'ils n'étoient encore descendus. Le Thermomètre de mercure baissa jusqu'à — 17, & le Thermomètre d'*huile* jusqu'à — 20; cependant l'huile ne paroissoit point figée. Ces Thermomètres restérent pendant demi-heure au même point, puis ils remontèrent ensemble l'espace de 3

dégrés. Alors l'*huile* s'arrêta : peu de tems après elle recommençà à descendre, & dépassa de plusieurs degrés le point d'où elle étoit remontée. Pendant cette seconde descente, l'*huile* se figea & perdit sa transparence : elle étoit totalement retirée dans la boule.

414 *t.* Le Thermometre d'*huile* resta dans cet extrême abbaissement pendant plus d'une heure ; quoique le Thermometre de mercure eût continué de remonter. Au bout de ce tems l'*huile* commença à se fondre & à s'élever dans le tube. Le Thermomètre de mercure n'avoit plus que 4 degrés à parcourir pour arriver à *zéro*. Cependant l'*huile* ne tarda pas à l'atteindre : quand elle fut à *zéro*, le mercure n'avoit plus que deux dégrés d'avance. Je cessai alors d'observer, parce que je n'attendois plus rien d'intéressant, & que l'opération duroit déjà depuis plus de cinq heures.

Elle resta plus d'une heure dans son extrême abbaissement ; puis elle remonta.

414 *u.* Il paroît naturel de conclurre de cette marche de l'*huile d'olive*; qu'il faut non-seulement un certain dégré, mais encore une certaine durée de *froid* pour la figer (*a*); &

Conjecture sur cette *marche* singulière de l'*huile d'olive*.

(*a*) Après le grand *froid* de Janvier & de Février 1767, pendant lequel mon Thermomètre d'*huile* avoit offert à diverses fois dans l'air libre le même phénomène que je viens de décrire, la chaleur extérieure étant revenue à + 4, & l'*huile* étant totalement dégelée, je mis ce Thermomètre dans la glace. Il descendit à *zéro* en moins d'un quart-d'heure, & il y resta fixé pendant deux jours. Le troisième jour il commença à descendre ; la glace se fondoit continuellement, & j'avois soin de la renouveller. Au bout de six jours ce Thermomètre étoit à — 9 ; je le sortis un moment de la glace, & j'y vis beaucoup de molécules figées. Il descendit encore d'un dégré pen-

qu'au moment où elle se fige, quelle que soit sa température, ses parties intégrantes se replient les unes sur les autres, & occupent subitement moins de place. Ainsi, tant que l'*huile d'olive* est liquide ; la diminution de la chaleur y produit une condensation réguliere ; ses particules se rapprochent sans changer d'arrangement. Mais quand elle se fige, cet arrangement change tout-à-coup ; une certaine quantité de particules voisines se replient les unes sur les autres ; & cette *huile* se convertit peu-à-peu en floccons, qui tombent au fond de la portion encore liquide. Cette partie liquide se dilate, lorsque la chaleur augmente ; & sa dilatation surpassant pendant quelque tems l'effet du rapprochement des parties qui se figent, le volume total augmente. Mais quand la *granulation* devient générale, par la durée d'une température propre à la produire, le volume total diminue, quoique la chaleur aille en augmentanr. Voilà ce que semblent indiquer les phénomenes : mais quoi qu'il en soit, c'est une marche bien singuliere, & qui mérite d'être approfondie.

Première conséquence tirée de ces expériences en faveur de l'hypothèse principale.

414 *x*. J'ai commencé quelques expériences dans ce dessein, qui ne sont plus de mon sujet : il me suffit d'avoir montré par celles qui précèdent, *que dans un liquide qui continue à se con-*

---

dant les deux jours suivans ; mais la nuit d'après, la chaleur ayant beaucoup augmenté dans ma chambre, la glace se fondit totalement, l'*huile* se dégela & remonta au-dessus de *zéro*. Cette première expérience me conduisit à d'autres fort curieuses, mais qui n'ont pas assez de rapport à mon sujet pour que je doive en faire mention ici

denser quoiqu'il cesse d'être liquide, les condensations successives suivent une marche croîssante, comparativement à celles des liquides aqueux, dont le volume augmente quand ils perdent leur liquidité, & que parconséquent les condensations d'un tel liquide approchent plus, que celles des liquides aqueux, d'être proportionelles aux diminutions de chaleur qui les produisent.

414 *y*. Ces expériences sur l'*huile d'olive*, donnent lieu encore à une remarque importante : c'est que les liquides, lorsqu'ils sont près de perdre leur liquidité, peuvent nous tromper, autant par des condensations irrégulièrement croîssantes, que par des dilatations. Si leurs particules, parvenues à un certain dégré de rapprochement, s'attirent par une de leurs faces plus que par les autres, il peut en résulter tout-à-coup un nouvel arrangement, qui leur fasse occuper moins d'espace. Je présume que c'est ce qui arrive dans l'*huile d'olive* : on voit du moins qu'au moment où elle se gèle, il s'y forme de petits floccons, qui paroissent affecter une figure régulière, & qui diffèrent en grosseur suivant les espèces d'huiles d'olive : celle qu'on nomme *huile de Provence*, les forme beaucoup plus gros que l'*huile de Nice*. La même attraction subite peut arriver en d'autres liquides, lorsqu'ils approchent de l'endurcissement. C'est donc un point essentiel à examiner, que ce qui arrive en ce moment au liquide qu'on veut choisir pour le Thermomètre. Seconde conséquence.

414 *z*. En rassemblant les conséquences de tout ce que j'ai exposé jusqu'ici ; voici les propriétés que nous devons chercher d'abord dans Premières propriétés que doit avoir le *li-*

quide destiné au Thermomètre. le liquide du Thermomètre, 1°. & essentiellement, *qu'il ne se dilate pas quand il se gèle*; afin que sa *marche* antérieure ne soit pas altérée par la cause qui produit enfin cette dilatation irrégulière. 2°. *Qu'il se gèle fort tard*, soit pour qu'il nous donne une mesure plus étendue des diminutions de la chaleur, soit afin que dans les observations les plus fréquentes & par conséquent les plus utiles, il soit d'autant plus éloigné de ce point, où les causes d'irrégularité deviennent plus sensibles. 3°. *Que*, s'il est possible, *ses condensations restent régulières jusqu'à sa congélation*; de peur qu'il ne nous trompe lorsqu'il en approche.

Remarques sur les expériences de M. Braun, *relatives à la* congélation *du* mercure.

Le *mercure* annonce ces *propriétés*. 415 *a*. Après avoir découvert ces premières qualités qui rendent un liquide propre à mesurer la chaleur, les regards du Physicien se fixent naturellement sur le *mercure*. Il est vrai

Cependant il est susceptible de *congélation*. cependant qu'il se gèle dans une température à laquelle d'autres liquides semblent résister; mais ces liquides, dont je parlerai bientôt, sont soumis aux effets de plusieurs causes, nuisibles à une mesure exacte de la chaleur.

C'est à M. *Braun* que nous devons cette découverte. 415 *b*. C'est M. *Braun*, de l'Académie de *Péterſbourg*, qui le premier a gelé le mercure. Il fit cette expérience intéressante au mois de Décembre 1759: les nouvelles publiques l'annoncèrent dans le tems; & M. *Braun* en a donné lui-même tous les détails, en deux Mémoires

insérés dans le Tome XI des *Nouv. Comment.* de l'Académie de Péterſbourg, qui renferme ceux de l'année 1765 (*a*). Voici les circonſtances qui ont rapport à la matière que je traite.

415 *c*. Le 25e. *Décembre* la température de l'air étant à — 199 du Thermomètre de *Deliſle* (*b*), M. *Braun* mit un de ces Thermomètres dans un mélange de neige & d'eau-forte. Ce Thermomètre deſcendit à 530; & le mercure qu'il contenoit fut gelé en plus grande partie: il n'en reſtoit de liquide qu'au centre de la boule. La partie gelée avoit la conſiſtence du plomb. Elle reſta 12 minutes à reprendre ſa fluidité dans l'air libre. 1e. expérience où le mercure eſt gelé en partie.

415 *d*. Le lendemain, la température de l'air étant à 212, M. *Braun* répéta l'expé- 2e. expérience où une plus grande partie du *mercure* eſt gelée.

(*a*) Le titre du premier Mémoire de M. *Braun* eſt: *De admirando frigore artificiali, quo Mercurius ſeu Hydrargirus eſt congelatus.* Il eſt ſuivi d'un autre Mémoire en forme de *ſupplément*.

(*b*) Dans le vrai Thermomètre de *Deliſle*, le *zéro* eſt placé à l'*eau bouillante*; & les dégrés, marqués en deſcendant, ſont des 10000mes. parties du volume du mercure à cette température ( ). Mais j'ai appris par MM. *Mallet* & *Pictet*, à leur retour du voyage qu'ils ont fait au Nord de la Ruſſie pour y obſerver le paſſage de Vénus, que l'on a abandonné la conſtruction preſcrite par l'Auteur de ce Thermomètre, & que ceux que M. *Braun* a employés dans ſes expériences, ainſi que tous ceux qu'on fait aujourd'hui en *Ruſſie*, quoique appelés toujours Thermomètres de *Deliſle*, ſont ſimplement diviſés en 150 parties entre l'*eau bouillante* & la *congélation*, & que leur échelle ſe prolonge au-deſſous de ce dernier point, en continuant à compter les dégrés depuis *zéro* qui eſt auſſi à l'*eau bouillante*.

rience, en faisant passer successivement le Thermomètre dans plusieurs *verres* pleins du même mélange : c'est-à-dire, qu'avant que le Thermomètre eût repris la chaleur qu'il avoit perdue dans le premier mélange, il en faisoit un second où il le plongeoit ; & ainsi de suite (*pag.* 279) : & par cette accumulation de pertes de chaleur, le Thermomètre descendit à 650. Il y resta moins de mercure liquide.

Détermination du dégré de *froid* naturel par lequel se peut geler le *mercure*.

415 *e.* M. *Braun* a remarqué qu'on ne peut opérer quelque congélation dans le mercure, à un dégré de *froid* extérieur moindre de 175 (*pag.* 303). (Ce dégré du Thermomètre de *Delisle* correspond à — 13½ du Thermomètre de mercure divisé en 80 parties entre les températures de *la glace qui fond* & de *l'eau bouillante.*) A ce dégré, dit-il, on peut produire, en mêlant de l'eau-forte avec de la neige, quelques lames très-minces de mercure gelé contre les parois de la boule : mais on n'a de vraie congélation que par un *froid* naturel de 185 (— 18⅔).

Remarque sur le moindre abbaissement du Thermomètre par lequel le *mercure* se gèle.

415 *f.* Il n'a jamais vu la moindre apparence de congélation dans ses Thermomètres, avant qu'ils fussent abbaissés au dessous de 465 (p. 286). Mais il n'a pu déterminer que par conjecture la quantité dont le mercure est condensé lorsqu'il se gèle.

Chûte subite du *mercure* dans quelques-unes de ces expériences.

415 *g.* Le plus souvent le Thermomètre arrivoit à son plus grand abbaissement par une *chûte subite*, qui se faisoit depuis un point très-indéterminé, depuis 350, 400, 500. Quelquefois il descendoit régulièrement jusqu'à 550, & s'y arrêtoit (*pag.* 310) ; & même

jusqu'à 600 (*pag.* 279 & 314). La descente du mercure restoit toujours plus long-tems régulière, lorsque la partie inférieure du tube étoit garnie de cire; ce qui garantissoit la petite colonne de mercure de l'action du mélange *frigorifique*, & empêchoit qu'elle ne se gelât (*pag.* 309 & 313). C'est avec cette précaution que le mercure est descendu régulièrement jusqu'à 550 & 600.

415 *h.* Dans les premières expériences, les *boules* des Thermomètres se trouvoient toujours *fendues* lorsque le mercure étoit gelé. Quelquefois même il s'en détachoit des pièces: alors le mercure s'abbaissoit extraordinairement; il est descendu jusqu'à 800, & même une fois jusqu'à 1500. Dans cette dernière expérience, la boule fut entièrement brisée, & la petite sphère de mercure gelé se sépara du Thermomètre (*pag.* 277). La descente précipitée du mercure, & la fracture des boules, paroissoient simultanées (*pag.* 311).

Rupture des boules au moment de ces chûtes subites.

415 *i.* Pour éviter ces accidens, M. *Braun* employa des Thermomètres dont la boule n'avoit qu'1½ *lig.* de diamètre; & il garnit de cire la partie inférieure du tube. Ils descendirent à 630 & 640, le *froid* naturel étant à 190; & le mercure étoit presqu'entièrement gelé (*pag.* 313.)

Précaution employée par M. *Braun* pour éviter cet accident.

415 *k.* M. *Braun* plongea aussi dans la matière qui geloit le mercure, des Thermomètres faits d'*huiles essentielles* de *Salsafras*, *de Camomille* & de *Serpolet*, & un Thermomètre *d'esprit-de-vin* très-rectifié: ils étoient tous gradués comme les Thermomètres de mercure. Ils des-

Thermomètre d'*huiles essentielles* & *d'esprit-de-vin* plongés dans la *matière frigorifique.*

cendirent, le 1er. à 260, le 2e. à 270, le 3me. à 280 (*pag.* 317), le 4me. à 300 (*pag.* 316); & ne se gelèrent point.

Remarques sur la *rupture* des *boules*.

415 *l*. La première circonstance des expériences de M. *Braun* que j'examinerai, c'est la *rupture* des *boules* de ses premiers Thermomètres. Ce phénomène semble, au premier coup-d'œil, indiquer une dilatation du mercure au moment où il se gèle. Cependant, jamais M. *Braun* n'a vu ces Thermomètres remonter du point où ils étoient descendus avant la congélation du mercure : ce qui seroit arrivé sûrement, si ces *fractures* venoient de la dilatation du mercure prêt à se geler.

1e. preuve qu'elle n'étoit pas produite par la dilatation du mercure.

2e. preuve.

415 *m*. Mais nous avons une démonstration du contraire, dans ces petits Thermomètres que M. *Braun* employa pour obvier à la *rupture* des *boules*. Le mercure s'y gela plus complettement que dans les autres Thermomètres; leurs boules ne se rompirent point; & cependant le mercure y descendit régulièrement, jusqu'à ce qu'il fut arrêté par sa congélation. C'est-là une preuve évidente, que *le mercure ne se dilate pas quand il se gèle.*

Causes probables de ces *ruptures*.

415 *n*. Les boules des premiers Thermomètres peuvent s'être rompues par deux causes. Ou parce que le mercure gelé se condensoit moins qu'elles : c'est ainsi que le vernis de la porcelaine & de la fayence, s'éclate en se refroidissant, lorsqu'il se condense plus que la terre qu'il recouvre. Ou parce que le verre des boules étoit épais : car dans ce cas, les lames extérieures étant plus promptement refroidies que les lames intérieures, il en résulte des tiraillemens

qui font éclater le verre : c'est ce que nous voyons arriver fréquemment au verre *chaud*, quand on lui applique un corps beaucoup moins chaud que lui. Dans cette dernière supposition, les petites boules n'auroient pas résisté à cause de leur petitesse ; mais parce qu'elles se trouvoient de verre mince, qui se réfroidissoit presqu'en même tems dans toute son épaisseur.

415 *o.* Les expériences de M. *Braun* offrent un phénomène, qui sembleroit d'abord conduire à la conséquence opposée de celle que je viens de détruire. Le mercure s'étant abbaissé brusquement dans la plupart de ces expériences, on pourroit en conclurre que, bien loin de se dilater quand il se gèle, il se *contracte* au contraire subitement. Et en ce cas on pourroit demander, si la cause qui produiroit cette contraction subite, ne seroit point de nature à agir dès les premières condensations du mercure, de manière à leur donner une *marche croissante* ; comme la cause qui fait dilater les liquides aqueux lorsqu'ils se gèlent produit l'effet opposé. Cette question, ainsi que l'observation qui y donne lieu, méritent d'être examinées.

Remarques sur les *chûtes subites* du *mercure*. N'annoncent-elles point une *contraction subite* de ce liquide ? Et en ce cas, la cause de cette *contraction* n'agit-elle point plutôt comme celle de la *dilatation* des liquides aqueux ?

415 *p.* Je réponds d'abord que, quand il seroit vrai que le mercure se contracte irrégulièrement lorsqu'il est près de se geler ; il n'en résulteroit point, que sa *marche* antérieure fût affectée par la cause de cette contraction. Voici sur quoi je me fonde.

Cette dernière conséquence ne découle point de la première.

415 *q.* J'ai expliqué ci-devant (413 *q*) pourquoi, dans les liquides aqueux, une grande dilatation succède subitement à des condensa-

Remarque sur la liaison de la *dilatation* des liqui-

des aqueux quand ils se gèlent, avec leur *marche* antécédente.

tions devenues très-petites. C'est que les condensations apparentes de ces liquides, ne sont que l'excès des condensations produites par la diminution de la chaleur, sur des dilatations occasionnées par une autre cause, dont les effets vont en croîssant. De-là résulte la marche décroîssante des condensations. C'est par-là aussi, qu'au moment où le liquide est près de devenir solide, il se dilate subitement : la diminution de la chaleur ne pouvant plus alors y produire de nouvelles condensations (telles du moins que dans les liquides), la cause des dilatations reste seule; & ses effets, parvenus à leur plus haut période, se montrent subitement sans soustraction. Ainsi, quoique ce soit un *saut* à l'œil, c'est l'effet d'une marche progressive. J'aurai occasion de développer cette idée dans la suite (415 *pp.* & s.).

Il n'en est pas de même de la *contraction* qu'éprouvent certains liquides dans le même cas.

415 *r.* Mais quant aux liquides qui se contractent subitement lorsqu'il se gèlent, si l'on supposoit que leurs condensations antérieures ont une marche croîssante, par l'effet de la cause qui tout-à-coup les contracte extraordinairement lorsqu'ils se gèlent, comment expliqueroit-on ce *saut*? Peut-il avoir lieu dans une marche produite par deux causes qui seroient concourantes? Je vois une cause de la *contraction extraordinaire* de certains liquides; de l'*huile d'olive*, par exemple; au moment de la congélation : c'est que quand leurs parties intégrantes commencent à se toucher par certains points, elles s'attirent fortement par quelqu'une de leurs surfaces, & se replient subitement les unes sur les autres; tellement

que dans cette nouvelle position elles occupent moins de place. Mais cet effet ne peut être produit, que lorsque la cause existe; c'est-à-dire, quand les parties intégrantes du liquide commencent à se toucher: & nullement dans l'état de pleine liquidité, où ces particules sont tenues plus ou moins écartées par l'effet de la chaleur.

415 *s.* Je soupçonne que tous les *corps fusibles* qui perdent leur poli à l'instant qu'ils commencent à s'endurcir; c'est-à-dire, dont la surface se ride ou se grumèle tout à coup; sont dans le même cas que l'huile d'olive; qu'ils éprouvent une contraction subite en s'endurcissant: & que dans ceux qui, comme l'or pur & le verre, restent polis en devenant solides, les parties intégrantes conservent entr'elles le même arrangement, même à ce point de condensation. Si cette conjecture est fondée, elle prouvera déjà que le mercure ne se contracte pas irrégulièrement lorsqu'il se gèle: car M. *Braun* ne remarqua aucun changement dans le poli de la surface extérieure du mercure gelé.

Remarque sur l'état des *corps fusibles* au moment où ils s'endurcissent.

1e. preuve que le *mercure* ne se *contracte* pas *subitement* lorsqu'il se gèle.

415 *t.* Je viens maintenant à cette question: les *chûtes subites* du mercure que M. *Braun* a remarquées dans la plupart de ses expériences, indiquent-elles que le mercure se contracte tout-à-coup, en se gelant? Si cette *chûte rapide* (*impetus*) comme l'appelle M. *Braun*, s'étoit faite dans toutes les expériences sans exception, on seroit tenté en effet de croire, que le mercure éprouvoit alors une contraction disproportionnée avec la diminution de la chaleur,

2e. preuve. Les *chûtes subites* n'étoient qu'accidentelles.

quoique cette *chûte* pût être attribuée à une diminution de chaleur fort rapide, produite par une pénétration subite de la neige par l'eau-forte. Mais si le mercure s'est gelé plusieurs fois sans qu'il y ait eu de *chûte subite*, cette *chûte* n'est qu'un effet accidentel, produit par quelque cause étrangère au mercure. Or M. *Braun* a vu descendre ses Thermomètres jusqu'à 500 & 600, & le mercure s'y geler, sans qu'il y ait eu de pareille *chûte*. Ce n'est donc là qu'un effet purement accidentel.

Explication de ces *chûtes*, d'après une circonstance où elles ne se faisoient pas.

415 *u*. Deux circonstances, rapportées par M. *Braun*, peuvent aider à l'explication de ce phénomène. Quand le bas du tube des Thermomètres étoit garni de cire, pour empêcher que la petite colonne de mercure ne se gelât, le mercure descendoit jusqu'à 600, sans *chûte*. Et au contraire la *chûte* se faisoit même dès 350, lorsque M. *Braun* n'avoit pas pris cette précaution. Cette différence d'effets me paroît indiquer, que lors que la petite colonne de mercure étoit gelée, elle ne pouvoit descendre que par faut; & que c'étoit-là la cause de ces *chûtes*.

Autre circonstance qui favorise cette explication.

415 *x*. Une autre circonstance qui favorise mon explication, c'est que M. *Braun* a remarqué que la *chûte* se faisoit toujours au moment de la rupture de la boule. Or cette rupture pouvoit occasionner une secousse dans le Thermomètre, & faciliter ainsi la *chûte* de la colonne de mercure, retenue par la partie qui se trouvoit gelée à l'entrée de la boule. Je crois donc que la *chûte* de la colonne étoit occasionnée par la *rupture* de la boule; & non celle-ci par

l'autre, comme M. *Braun* semble le croire.

415 *y*. Je n'entends expliquer par-là qu'une *chûte subite* après une suspension, ou une descente fort lente. Car je le répète, une *descente rapide*, même accélérée, étoit l'effet d'une diminution rapide ou accélérée de la chaleur, dans la fusion subite de la neige par l'eau-forte. Et c'est de-là que naît l'incertitude de M. *Braun* dans son premier Mémoire, sur le dégré de condensation du mercure lorsqu'il se gèle; dégré que, dans un second Mémoire, il détermine ensuite à 650. Quant à une *descente rapide*, elle est l'effet d'un *refroidissement rapide*.

415 *z*. Quoique dans ses expériences on voie une partie du mercure gelé dans les Thermomètres qui n'étoient descendus qu'à 530, il ne s'ensuit pas qu'il se gèle par la température qui correspond à ce point du Thermomètre. Le *refroidissement* étant subit dans la matière qui environnoit le Thermomètre, toute la masse du mercure ne pouvoit s'y conformer en même tems. La couche extérieure perdoit la première son excès de chaleur, & se geloit; tandis que les parties intérieures étoient encore liquides, & même assez éloignées de ce dégré de *refroidissement*. Et comme la hauteur du Thermomètre n'indiquoit que la condensation moyenne du mercure renfermé dans la boule, une partie de ce mercure pouvoit être gelée à des hauteurs très-différentes du Thermomètre. Remarque sur le dégré d'abbaissement du *mercure* dans les Thermomètres où il se geloit. Cet abbaissement n'indiquoit pas le dégré de condensation du *mercure* qui se gèle.

415 *aa*. C'étoit un défaut dans les expériences de M. *Braun*, que la petite quantité de matière *frigorifique* qu'il y employoit. Le *froid* étoit trop subit, & cessoit trop promptement pour donner des résultat précis. Mais l'augmen- Moyen de déterminer ce dégré.

tation de la matière ne suffiroit pas, pour qu'on pût découvrir avec précision à quel point le mercure se gèle : il faudroit encore prévenir une trop prompte action de cette matière sur le Thermomètre. On pourroit employer pour cet effet l'interposition de quelque huile qui gelât fort tard, mise dans un vâse garni d'un couvercle qui feroit percé de deux trous.

Le Thermomètre passeroit par l'un de ces trous, fait au milieu du couvercle, & seroit plongé dans l'huile; l'autre trou serviroit à faire passer la tige d'une machine semblable à un *moussoir* de chocolat, au moyen de laquelle on agiteroit l'huile. Par ce moyen l'huile, environnée du mélange de neige & d'eau-forte, perdroit sa chaleur assez lentement, pour que tout le mercure contenu dans le Thermomètre lui transmît la sienne presque en même tems. Je crois qu'alors le mercure se condenseroit régulièrement; qu'il seroit encore totalement liquide au-dessous de 640, & qu'il se gèleroit presqu'au même instant dans toute sa masse, & que le point où le Thermomètre se fixeroit, indiqueroit exactement le terme de la congélation du mercure.

Thermomètres d'*huile essentielle* qui, selon M. *Braun*, sont moins descendus que celui d'*esprit-de-vin*.

415 *bb*. On trouve dans le récit des expériences de M. *Braun*, une circonstance qui paroit contraster beaucoup avec mon systême sur la *marche* des liquides par les variations de la chaleur. J'ai dit que les *liquides aqueux*, participant plus ou moins de la *marche* de l'*eau*, qui se dilate en se gelant, doivent avoir des condensations décroissantes, comparativement aux huiles, qui n'ont pas cette propriété.

Ils

doivent donc s'abbaisser moins qu'elles, dans le Thermomètre, par les même diminutions de la chaleur. Et cependant M. *Braun* rapporte, que des Thermomètres faits d'huiles essentielles de *salsafras*, de *camomille* & de *serpolet*, ne sont descendus qu'à 260, 270, 280: tandis que *l'esprit-de-vin*, que j'ai rangé parmi les *liquides aqueux*, est descendu à 300.

415. *cc.* J'avouë que je n'ai pû me persuader que ces expériences fussent exactes. Il m'étoit impossible de les vérifier sous la même forme; parce que nous n'avons jamais d'assez grands *froids* dans nos climats. Mais il importoit moins à mon systême, de répéter la même expérience; que de savoir si les condensations de ces *huiles* suivoient en effet une marche décroîssante, comparativement à celles de l'*esprit-de-vin*; & cet examen m'étoit possible. Doute sur cette expérience.

415. *dd.* J'ai donc fait deux Thermomètres pour cette épreuve; l'un d'huile essentielle de *camomille*, & l'autre d'huille essentielle de *serpolet*; j'ai observé leur *marche*, & je l'ai trouvée d'accord avec mon systême. Les condensations de ces *huiles* ont suivi une marche très-sensiblement croîssante, comparativement à celles de l'*esprit-de-vin*; comme on le verra dans la Table que je donnerai des *marches* de ces différens Thermomètres (418 *m*). Nouvelle expérience qui confirme ce doute.

415 *ee.* Cette expérience, dans laquelle je n'ai pu me tromper, ne me permet donc pas d'admettre; que lorsque l'*esprit-de-vin* descend à 300, les huiles de *camomille* & de *serpolet* ne descendent qu'à 270 & 280, en suivant du moins une marche réguliere. Mais en même Plusieurs causes peuvent avoir trompé M. *Braun*.

tems j'apperçois plusieurs causes qui peuvent avoir trompé M. *Braun.*

1°. cause : *l'air* qui se dégage des huiles renfermées dans le Thermomètre.

415. *ff.* J'ai éprouvé la premiere, en mettant ces deux derniers Thermomètres dans la glace; où ils se sont tenus, à diverses fois, plus haut qu'ils n'auroient dû naturellement s'y tenir. C'est que lorsqu'ils sont consttuits depuis peu de tems, & qu'on les fait descendre à ce point, l'air que contiennent ces huiles, s'en dégage, & se forme en bulles qui soulèvent la liqueur. La même chose a pu arriver aux Thermomètre de M. *Braun* sans qu'il s'en soit apperçu.

2e. cause : un *froid moindre* qu'il ne l'a cru.

415 *gg.* Une seçonde cause peut l'avoir trompé, si les Thermomètres d'huiles n'étoient pas accompagnés d'un Thermomètre de mercure, qui indiquât la température du mélange. On ne réussit pas toujours à produire le même dégré de *froid.* MM. *Mallet* & *Pictet* n'ont pu geler le mercure, quoiqu'ils l'aient tenté par l'un des acides que M. *Braun* indique comme les plus puissans, savoir *l'esprit fumant de Glauber*, & que la température de l'air fût à 199. Voilà donc une exception. Le cas dont il s'agit n'est-il point une exception semblable?

3e. cause : la *lenteur* de la marche des huiles.

415. *hh.* La lenteur de ces huiles à perdre l'excès de leur chaleur sur les corps qui les environnent, est une troisième source d'erreur : il s'en faut bien qu'elles soient aussi promptes à se condenser que le mercure; & M. *Braun* employoit si peu de matière dans ses mélanges, que le mercure même ne pouvoit suivre leur *refroidissement*: il falloit le plonger successivement dans plusieurs de ces petits *mélanges*, pour qu'il atteignît enfin le *refroidissement* du

dernier (415 *d*). On voit aussi par mes expériences (414 *q*), qu'avec une quantité de matière *frigorifique* bien plus grande que celle de M. *Braun*, *l'huile d'olive* n'avoit pas eu le tems de se geler; & qu'elle se gela lorsque j'augmentai les doses.

4e. cause; une *illusion* possible, si ces huiles conservent leur transparence en se gelant.

415 *ii*. Peut-être enfin que ces huiles se gelèrent sans perdre leur transparence; & qu'en cet état elles parurent encore liquides à M. *Braun*: comme le paroîtroit l'eau gelée, si la quantité de bulles d'air qui restent engagées dans la glace, ne troubloient sa transparence naturelle.

Quoi qu'il en soit, l'expérience précédente prouve que ces huiles rentrent dans le systême établi.

415 *kk*. Mais quoi qu'il en soit de l'état de ces huiles à ce dégré de *réfroidissement*, état dont il n'est pas possible de juger sûrement par l'expérience de M. *Braun*; l'observation de leurs *marches* depuis la température de *l'eau bouillante* à celle de *la glace qui fond*, m'a prouvé sans équivoque, que ces *marches* rentrent absolument dans mon systême.

Examen de l'expérience de M. *Braun*, où le Thermomètre d'*esprit-de-vin* est descendu à 300 de *Delisle*.

415 *ll*. Il reste encore dans le détail des expériences de M. *Braun*, un phénomène qui mérite d'être examiné: c'est que *l'esprit-de-vin rectifié* n'a pas été gelé dans la matière *frigorifique* qui geloit le mercure. Je n'aurois pas imaginé que la petite quantité d'eau que M. *de Réaumur* mêloit à l'esprit-de-vin dans ses Thermomètres, qui n'étoit que la 6me. partie du tout (442 *g*), rendit ce mélange susceptible de se geler à 219 du Thermomètre de mercure de *Delisle* (*a*); tandis que l'esprit-de-vin *pur*

(*a*) Soit à — 37 du Thermomètre de mercure divisé en 80 parties entre l'*eau bouillante & la glace qui*

ne se geloit pas, à plus de 600. Cependant après avoir examiné ce qui devoit résulter de la *marche* de l'esprit-de-vin dans l'étendue où je l'ai observée, j'ai trouvé, qu'en effet il avoit pu descendre sans se geler, jusqu'à 300, comme l'a vu M. *Braun*; que le mercure devoit être alors à 628; mais qu'à ce point l'esprit-de-vin étoit près de se dilater & de se geler. Je vais montrer la route que j'ai suivie dans cette recherche.

Rapport des *marches* de l'*esprit-de-vin* & du *mercure*.

415 *mm*. Je détaillerai dans la suite (418) l'opération par laquelle je me suis assuré des *marches* correspondantes du Thermomètre de mercure & des divers autres Thermomètres dont j'ai fait mention jusques ici. Celui *d'esprit-de-vin rectifié*, capable de brûler la poudre lorsqu'il est enflammé, est de ce nombre. Ses condensations m'ayant paru suivre une marche régulièrement décroîssante, comparativement à des condensations du mercure égales entr'elles, j'ai cherché à les exprimer par une loi, qui donnât avec quelque certitude, ses cendensations subséquentes, tellement qu'on pût en conclurre le point où les condensations de cet *esprit-de-vin*, après-être devenues nulles, seroient suivies tout-à-coup d'une grande dilatation.

L'esprit-de-vin se dilate aux approches de la congélation.

La loi qui exprime la *marche* de l'*esprit de-vin* comparativement à celle du *mercure*, doit expliquer ce phénomene.

415 *nn*. La loi cherchée devoit surtout expliquer ce dernier phénomene. Car l'*esprit-de-vin* de M. *de Réaumur* se dilata beaucoup en se

---

fond. Ce fut le point où MM. les Académiciens de Paris trouvèrent le Thermomètre *d'esprit-de-vin* gelé à Tornea (418 *e note*).

ables des
s corref-
dans des
hermomè-
es de *mer-*
& d'*ef-*
u-de-vin.

	Thermomètre de mercure.	Condensations égales du mercure.	Thermomètre d'esprit-de-vin rectifié.	Condensations décroissantes de l'esp.-de-v. rectifié.
Eau bouillante.	80		80,6	
	75	5	73,8	6,2
	70	5	67,8	6,0
	65	5	61,9	5,9
	60	5	56,2	5,7
	55	5	50,7	5,5
	50	5	47,3	5,4
	45	5	40,2	5,1
	40	5	35,1	5,1
	35	5	30,3	4,8
	30	5	25,6	4,7
	25	5	21,0	4,6
	20	5	16,5	4,5
	15	5	12,2	4,3
	10	5	7,9	4,3
	5	5	3,9	4,0
Glace qui fond.	0	5	0,0	3,9
		80		80,0

Deux causes opposées agissent sur le volume de *l'esprit-de-vin*, quand la chaleur diminue.

L'une produit des *dilatations* croissantes, quand

415 *pp.* Pour chercher la loi que suivent ces condensations de *l'esprit-de-vin*, comparativement à une marche uniforme du *mercure*, j'ai supposé, en partant de mon systême, que, s'il n'y avoit pas dans *l'esprit-de-vin* une cause qui tendît à le dilater, à mesure qu'il se condense par la diminution de la chaleur, ses condensations seroient proportionnelles à celles du

mercure. J'ai donc considéré leurs décroîssemens, comme étant l'effet de cette cause, & par conséquent, comme des soustractions croîssantes, faites à des termes égaux.

l'autre produit des *condensations* égales entr'elles.

415. *qq*. Le premier terme des condensations de *l'esprit de-vin*, correspondant à 5 dégrés du Thermomètre de *mercure*, est exprimé par 6, 2 sur le Thermometre d'*esprit de-vin*. Tous les abbaissemens subséquens de l'*esprit de-vin*, de 5 en 5 dégrés du Thermomètre de *mercure*, seroient égaux à ce premier, si la cause dont je viens de parler n'y faisoit obstacle. Je regarde donc les *différences* des termes successifs de *l'esprit-de-vin*, avec ce premier terme, comme produites par cette cause, & comme une suite de *quantités* successivement soustraites de 6, 2. Ainsi le 2me terme des condensations de l'*esprit-de-vin*, est 6, 2 — 0, 2 = 6, 0

Décomposition de l'effet total observé.

le 3me. 6, 2 — 0, 3 = 5, 9
le 4me. 6, 2 — 0, 5 = 5, 7
le 5me. 6, 2 — 0, 7 = 5, 5

Et ainsi de suite.

415. *rr*. C'est donc la *loi* que suivent ces *quantités* soustraites, que j'ai cherchée, & j'ai trouvé qu'elles peuvent être exprimées par les sommes d'une progression géométrique, dont le premier terme est 0, 1768 & l'exposant $\frac{271}{1000}$: en réduisant les 4 *décimales* à une seule, qui soit la plus prochaine, puisque je n'ai pu observer que des 10mes. de dégré sur mes Thermomètres.

Loi que suivent les *dilatations* dans leurs accroissemens.

415 *ss*. La Table suivante, renferme les condensations de *l'esprit-de-vin rectifié*, de 5 en 5

Application.

dégrés du Thermomètre de *mercure*, calculées suivant cette Régle ; & comparées aux condensations *observées*.

Suite géom. dont l'exposant est $\frac{978}{1000}$	*Sommes, soit quantités à soustraire de 6, 2.*	*Réduction à une seule décimale.*	*Restans, ou condens. de l'esp.-de-v. suivant la Régle.*	*Condens. observées.*	*Différences.*
	0,0000	0,0	6,2	6,2	0
0,1768	0,1768	0,2	6,0	6,0	0
0,1729	0,3497	0,3	5,9	5,9	0
0,1691	0,5188	0,5	5,7	5,7	0
0,1654	0,6842	0,7	5,5	5,5	0
0,1618	0,8460	0,8	5,4	5,4	0
0,1582	1,0042	1,0	5,2	5,1	+0,1
0,1547	1,1589	1,2	5,0	5,1	—0,1
0,1513	1,3102	1,3	4,9	4,8	+0,1
0,1480	1,4582	1,5	4,7	4,7	0
0,1447	1,6029	1,6	4,6	4,6	0
0,1415	1,7444	1,7	4,5	4,5	0
0,1384	1,8828	1,9	4,3	4,3	0
0,1354	2,0182	2,0	4,2	4,3	—0,1
0,1324	2,1506	2,2	4,0	4,0	0
0,1295	2,2801	2,3	3,9	3,9	0
			80,0	80,0	

Les petites différences sont vraisemblablement des défauts dans l'observation.

415 *tt*. Je n'espérois pas de parvenir à tant d'exactitude, lorsque j'entrepris la recherche de cette loi. Et même, comme les petites différences qui s'y trouvent, ne sauroient se prêter à aucune loi simple, à cause de leur disposition, je suis tenté de les regarder comme des défauts dans l'observation, ou comme des

irrégularités momentanées dans la marche de l'*esprit de-vin*.

415 *uu*. Encouragé par ce premier succès, je fis la même tentative à l'égard de l'*esprit-de vin* moins rectifié, ou mêlé d'eau : mais je ne pus réussir ; sa marche est trop irrégulière. Je présume que dans l'*esprit-de-vin* assez *rectifié*, pour que la distillation simple ne puisse plus le séparer de son *flegme* (426 *d*), cette liaison intime de *l'esprit* & du *flegme*, en fait un tout plus semblable, & dans ses parties & dans ses différens états quant à la chaleur, & que les irrégularités de la *marche* de l'*eau*, qu'on pourroit voir en prenant les secondes différences de ses *hauteurs* dans la Table que je donnerai ci-après (418 *m*), sont d'autant mieux rectifiées par la plus grande quantité de *l'esprit*, & par sa plus forte liaison avec le *flegme*.

L'esprit-de-vin affoibli ne suit pas une *marche* si régulière.

415 *xx*. L'exactitude de ma Régle pour les condensations de *l'esprit-de-vin rectifié*, dans l'étendue où j'ai pû la comparer avec l'expérience, m'a paru suffisante, pour en conclurre les condensations subséquentes de cette liqueur, toujours de 5 en 5 dégrés du Thermomètre de *mercure*, & pour découvrir par ce moyen, le point où elles deviendroient nulles, & se changeroient au contraire en dilatations. J'ai trouvé, que l'*esprit-de-vin* ne pouvoit descendre qu'à — 80 $\frac{1}{4}$ de ma division, qui correspondent à 300 $\frac{1}{2}$ de l'échelle qu'employoit M. *Braun*, & sur laquelle il le vit descendre à 300 dans sa matière *frigorifique*. L'*esprit-de-vin* étoit donc bien près de se geler, à ce point de condensation. Et comme 80 $\frac{1}{4}$ est la somme

Conséquence tirée de la loi précédente.

Elle est d'accord avec l'expérience de M. *Braun*.

de 51 *termes*, un Thermomètre de *mercure* qui auroit accompagné le Thermomètre *d'eſprit-de-vin*, ſeroit deſcendu à — 51 X 5 = — 255, qui correſpondent à 628 du Thermomètre de M. *Braun*.

Cette *loi* explique comment une grande *dilatation* ſuccède dans l'*eſprit-de-vin* à de très-petites *condenſations*.

405 *yy*. Ce qu'il y a de plus eſſentiel à remarquer dans la nature de la loi que j'ai trouvée, c'eſt qu'elle explique très-bien la dilatation ſubite des *liquides aqueux* lorſqu'ils ſont près de ſe geler. Suivant cette loi, les condenſations apparentes de ces *liquides*, ſont toujours la condenſation qui ſeroit produite par la ſimple diminution de la chaleur, moins la diminution qu'y apporte la cauſe qui enfin les dilate. Ainſi, tant que les particules du liquide peuvent ſe rapprocher, l'effet total eſt la *condenſation* : mais dès que ſes particules ſe touchent à un certain point, la *dilatation* ſuccède. Par exemple : le dernier terme des *condenſations* de *l'eſprit-de-vin rectifié*, pour 5 dégrés d'abbaiſſement dans les Thermomètre de *mercure*, peut être 6, 2 — 6, 1 = 0, 1 : mais à l'inſtant où les particules de l'*eſprit-de-vin* ſont aſſez rapprochées pour que la diminution de la chaleur ne puiſſe y opérer de nouveaux rapprochemens, la cauſe de dilatation, quoique miſe en action par la diminution même de la chaleur, ſe trouve agir ſeule, & l'*eſprit-de-vin* ſe dilate de 6, 2, par une diminution de la chaleur, égale à la précédente, par laquelle il s'étoit condenſé de 0, 1.

Elle explique encore pourquoi, dans les li-

Cette Règle explique encore, pourquoi dans les liquides aqueux la dilatation *finale* eſt d'autant plus grande, qu'ils ſe gèlent par une moin-

dre diminution de la chaleur. C'est qu'en même tems leurs condensations ont une marche plus décroissante. D'où il résulte suivant ma Régle que la suite des *quantités soustraites* est en progression plus croissante, & que par conséquent, lorsque la possibilité d'ultérieures condensations cessé, la dilatation se montre tout-à-coup plus grande. C'est ainsi que par la diminution de chaleur qui fit abbaisser le Thermomètre de *mercure* à Tornea de — 31, à — 37, le Thermomètre d'*esprit-de-vin affoibli* remonta de — 29, à + 10 (412 *e. note*).

qui des de ce genre, la *dilatation* est d'autant plus grande, qu'ils sont plus susceptibles de se geler.

415 *zz*. M. *Braun* ne dit pas, s'il mit un Thermomètre de *mercure*, avec celui *d'esprit-de-vin*, dans le mélange de neige & d'eau-forte qui fit descendre ce dernier à 300: ainsi je ne puis faire la comparaison immédiate de ma Règle avec l'expérience, dans cet extrême de condensation. Mais l'ensemble de ces expériences la fortifie, & nous pouvons conclurre avec beaucoup de probabilité, de l'abbaissement de l'*esprit-de-vin* à 300, que le Thermomètre de *mercure*, en s'abbaissant à 630 & 640, n'a fait que suivre sa *marche* ordinaire & qu'il ne s'est point condensé extraordinairement aux approches de sa congélation.

Elle prouve enfin, que le *mercure* a suivi sa marche ordinaire dans les expériences de M. *Braun*.

EXAMEN des objections de M. Anac, *contre les expériences de M.* Braun.

416 *a*. Ce grand abbaissement du *mercure* dans les expériences de M. *Braun*, fut cependant contesté par M. *Anac*, dans une lettre adressée à MM. les Auteurs du *Journal des*

M. *Anac* conteste le grand abbaissement du *mercure* dans ces expér.

Savans, & rapportée dans les mois de Juillet, Août & Septembre de l'année 1760. M. *Anac* révoque en doute l'une de ces deux choses ; ou la descente du mercure au-dessous de 337 du Thermomètre de *Delisle*, qu'il estime correspondre à — 100 sur le Thermomètre de M. *de Réaumur ;* ou qu'un abbaissement plus grand, soit proportionnel à la diminution de la chaleur. Il ne s'explique pas précisément là-dessus ; il évite même de le faire.

Premières objections de M. *Anac*.

416 *b*. C'est contre le fait, que porte une classe d'objections, à laquelle je m'arrêterai peu, puisque le fait est prouvé. Ces objections sont tirées d'expériences faites avant M. *Braun*, où le mercure s'est beaucoup moins abbaissé que dans les siennes. Partant de-là, & croyant évaluer assez exactement les différences qui devoient être résultées du changement de quelques circonstances, M. *Anac* en conclut, que le mercure n'a pas pu descendre autant que M. *Braun* le rapporte.

Elles supposent qu'on peut calculer *a priori* l'effet des causes physiques.

416 *c*. Mais qui peut se flatter de calculer ainsi *a priori* l'effet des causes physiques ? Telle différence nous paroît très-petite, qui est réellement très-grande dans ses effets. La *neige* ne paroît à M. *Anac*, différer de la *glace pilée*, quant à la production du *froid*, qu'en ce qu'elle présente plus de surface à l'eau-forte, & que par cette raison, le *refroidissement* doit être seulement plus prompt. La température primitive de la neige & de l'eau-forte, ne lui semble devoir influer en rien sur la quantité de *refroidissement* produit par leur mélange. Il pense enfin que l'augmenta-

tion de cette quantité de *refroidissement*, produite par une eau-forte plus concentrée, est proportionnelle à la différence de concentration de l'eau-forte. Voilà sur quoi M. *Anac* fonde ses calculs, en partant des expériences de *Fahrenheit* & de M. *de Réaumur*, où se trouvoient ces différences.

Faits qui détruisent ces objections.

416 *d.* Sans s'expliquer nettement sur la cause de l'erreur qu'il attribue à M. *Braun*, il paroît insinuer qu'elle procède de la rupture des boules, au moment où le mercure étoit gelé : mais les deux faits suivans (que M. *Anac* ignoroit, parce que les nouvelles publiques n'en avoient pas parlé) suffisent pour combattre son opinion. Dans des Thermomètres qui ne se rompoient point, le mercure descendoit à 630 & 640. Un Thermomètre d'esprit-de-vin est descendu à 300 sans se geler; & dans la proportion de sa *marche* avec celle du Thermomètre de mercure, celui-ci devoit être à 628.

Autre objection tirée de la cause du *ressort de l'air.*

416 *e.* M. *Anac* fait une autre objection, qui par sa nature mérite d'être examinée, parce qu'elle tient à des questions intéressantes sur le ressort de l'air. Pour l'intelligence de cette objection, je dirai un mot ici du Thermomètre de M. *Amontons* que je décrirai plus au long dans la suite (420).

Esquisse du Thermomètre *d'air* de M. *Amontons.*

Ce Thermomètre indiquoit la chaleur par le poids que pouvoit soutenir une petite quantité d'air, renfermée dans une boule; & ce poids étoit indiqué lui-même par la somme des hauteurs, d'une colonne de mercure qui reposoit sur cet air, & de celle du Baromètre

au moment de l'observation, parce que le poids de l'Atmosphère s'ajoutoit à celui de la première colonne. Ce qu'il y a d'essentiel à savoir, pour comprendre l'objection de M. *Anac*; c'est que, par les expériences de M. *Amontons*, quand l'air renfermé dans la boule de son Thermomètre pouvoit soutenir le poids d'une colonne de mercure de 52 *pouces*, étant à la température de l'eau prête à geler, il en soutenoit environ 73, lorsqu'il avoit celle de l'eau bouillante.

Objection de M. *Anac* fondée sur le Thermomètre d'*air* de M. *Amontons*.

416 *f*. Voici maintenant l'objection de M. *Anac*; « La liquéfaction de la neige, dit-il, » ayant accompagné la production du froid » artificiel dont il s'agit.... il est certain que » ce froid étoit bien éloigné du froid absolu, » c'est-à-dire, du néant de la chaleur. Or » suivant une conjecture avancée, il y a près » de 60 ans, & qui n'a été contredite depuis » par personne que je sache.... le néant de » la chaleur, s'il étoit possible qu'il eût lieu,.... » seroit seulement vers un point correspon- » pondant au 521 $\frac{1}{7}$ dégré de l'échelle de » *Delisle*.... *Le ressort de l'air est un effet de* » *la chaleur; tant que l'air est doué de quelque* » *ressort, il est affecté de quelque chaleur*.... » Or M. *Amontons* a pris pour terme de » l'échelle de son admirable & très-précieux » Thermomètre, le point où tout ressort » manqueroit à la masse d'air, qu'il a ren- » fermée dans la boule de cet instrument, » & *où par conséquent toute chaleur seroit* » *éteinte dans cette même masse*. Partant ensuite » de ce terme *zéro* de ressort, il compte 52

» dégrés ou environ, tant de ressort que de » chaleur, jusqu'au point de la congélation » de l'eau, & 73 jusqu'au point de l'ébullition de la même liqueur; en sorte qu'il y a » 21 dégrés d'intervalle à son échelle, entre » ce point de la congélation & celui de l'ébullition de l'eau. Si donc nous faisons cette » *analogie*: comme l'intervalle 21 entre les » points de l'ébullition & de la congélation » dans l'échelle de M. *Amontons*, est à 73 » intervalles depuis la chaleur de l'eau bouillante jusqu'à *zéro de ressort & de chaleur de* » *l'air*; ainsi l'intervalle 150 entre le point » de l'eau bouillante & celui de l'eau gelante » dans l'échelle de M. Delisle, est à un quatrième terme; on trouvera pour cette quantité le nombre 521 $\frac{3}{7}$ exprimé ci-dessus: » & ce nombre par conséquent est celui des » dégrés de l'échelle de M. Delisle, auquel » correspondroit le néant de la chaleur, si » son Thermomètre pouvoit être de service » jusqu'à un tel point.... Je le répète, le » froid artificiel produit à Pétersbourg, a été » bien éloigné du froid absolu ou néant de » la chaleur.... Car la liquéfaction de la » neige ayant accompagné ce froid dont il » s'agit, ce froid renfermoit & masquoit plus » de 100 dégrés de chaleur réelle, mesurée » à ladite échelle; & par conséquent n'a pas » atteint véritablement le 500me. dégré de » cette échelle ».

416 *g*. Cette objection, comme on le voit, suppose la certitude de ces deux propositions: que *l'air ne peut avoir de ressort sans chaleur*, Deux questions naissent de cette objection.

ni de chaleur fans reffort, & que *le reffort de l'air eft proportionnel à la chaleur*. C'eft de la première que M. *Anac* conclud, que le *zéro* du Thermomètre de M. *Amontons*, étant le *zéro* de *reffort de l'air*, eft en même tems le *néant de la chaleur*; & de la feconde, que lors même que le *mercure* ne fe géleroit que par une totale privation de chaleur, il ne pourroit defcendre qu'à 521 $\frac{4}{7}$ du Thermomètre de *Delifle*. Il s'agit donc d'examiner ces deux propofitions.

1e. *Queftion*. *L'air* a-t-il néceffairement quelque *reffort*, tant qu'il a quelque *chaleur*? Réponfe négative.

416 *h*. Quand la chaleur feroit l'unique caufe du reffort de l'air, s'en fuivroit-il néceffairement, que *tant que l'air eft affecté de quelque chaleur, il eft doué de quelque reffort*? C'eft la première queftion qui fe préfente, & à laquelle je réponds, qu'il ne me paroît aucune liaifon néceffaire entre ces deux chofes. La *liquidité* de l'eau eft certainement dûe à la chaleur; cependant la ceffation de *toute liquidité* dans l'eau, n'indique fûrement pas la ceffation de *toute chaleur*. Pourquoi donc ne faudroit-il pas un *certain dégré* de chaleur pour donner de *l'élafticité* à l'air? Comme il en faut un *certain dégré* pour donner de la *liquidité* à l'eau, & en général à tous les corps qui deviennent *liquides* par *différens dégrés* de chaleur? A une chaleur moindre que celle qui eft néceffaire pour que l'air devienne *élaftique*, ne peut-il pas être fous la forme d'un folide ou d'une pouffière impalpable, ou même d'un liquide? L'eau ne devient-elle pas une forte de fluide *élaftique*, quand elle eft vaporifée par un *certain dégré* de chaleur?

416 *i*.

416 *i.* Lors donc qu'il seroit prouvé que l'air doit *toute* son *élasticité* à la chaleur, il ne le seroit point qu'il ne pût avoir *quelque chaleur sans élasticité* : par conséquent le Thermomètre de M. *Amontons* ne nous donne point d'idée du *premier terme de la chaleur*, quoique son *zéro* nous donne celle du *premier terme du ressort de l'air*. L'air pourroit cesser d'être *élastique* à 521 ½ du Thermomètre de *Delisle*, & que le mercure ne fût pas *gelé*; que même le mercure *gelé* eût encore beaucoup de chaleur. En un mot, ces phénomènes n'indiquent pas mieux dans nos climats l'extinction de toute chaleur, que ne l'indiqueroit la congélation de l'eau, aux habitans de la *Zone torride*.

On ne voit point le *premier terme* de la *chaleur* dans le Thermomètre de M. *Amontons*.

416 *k.* Je vais plus loin : quand on supposeroit que *l'air* a une *vertu élastique* dépendante de quelque autre cause, qui seulement est secondée par la *chaleur*; on ne pourroit pas même en conclurre, que l'*élasticité de l'air* est nécessairement augmentée, dès qu'il éprouve quelque *chaleur*. Il faudroit mieux connoître la nature de chacune de ces causes, pour décider qu'elles se favorisent nécessairement dans la production du *ressort* de l'air, quelle que soit leur intensité relative.

On ne le connoîtroit pas mieux, quand on supposeroit que l'*air* peut avoir du *ressort* sans *chaleur*.

416 *l.* En examinant ce premier principe de M. *Anac*, mon but n'a pas été uniquement de répondre à son objection, contre les expériences de M. *Braun*; j'ai voulu en même tems donner lieu aux Physiciens de réfléchir sur la nature & les causes du *ressort de l'air*, d'après le point de vue, toujours intéressant,

But principal de l'examen de cette 1e. *Question*.

ſous lequel M. *Anac* nous préſente le Thermomètre de M. *Amontons.* Le grand nombre d'expériences relatives à l'effet de la *chaleur* ſur le *reſſort de l'air*, que j'aurai occaſion de rapporter, les aidera peut-être dans cette recherche. C'eſt en raſſemblant les phénomènes & en les enviſageant ſous toutes leurs faces, qu'on parvient à la découverte des cauſes phyſiques.

2e *Queſtion.* Le *reſſort* de l'*air* eſt-il proportionné à la *chaleur* ?

416 *m.* Revenons à l'objection de M. *Anac.* Quand il ſeroit vrai que le *zéro* du Thermomètre de M. *Amontons* fût le *néant* de la chaleur, *l'analogie* par laquelle M. *Anac* veut prouver que le Thermomètre de *Deliſle* n'a pu deſcendre à 640 dans les expériences de M. *Braun*, n'en découleroit point encore. Car il auroit fallu démontrer auſſi que *le reſſort de l'air eſt proportionnel à la chaleur.*

Expérience de M. *Amontons*, qui prouveroit le contraire ;

Appliquée à l'objection de M. *Anac.*

416 *n.* Si, par exemple, comme l'a cru voir M. *Amontons* lui-même, ſon Thermomètre *d'air* ſuivoit la *marche* du Thermomètre *d'eſprit-de-vin*, qui par tout ce que j'ai déjà dit, ne ſauroit être proportionnelle à la chaleur, la conſéquence de M. *Anac* ne découleroit point du tout de ſon principe, & il faudroit ſubſtituer cette analogie à la ſienne ; comme 150 *dégrés* (quantité dont le Thermomètre d'*eſprit-de-vin* de M. *Braun* s'abbaiſſoit en paſſant de l'*eau bouillante à l'eau prête à geler*) ſont à 21 *dégrés* ou $\frac{21}{77}$ (dont le Thermomètre d'*air* de M. *Amontons* s'abbaiſſoit par la même différence de température) : ainſi 300 (quantité dont le Thermomètre d'*eſprit-de-vin* de M. *Braun* s'eſt abbaiſſé dans ſa

matière frigorifique) ſont à $\frac{42}{73}$ (dont le Thermomètre d'*air* de M. *Amontons* ſe feroit abbaiſſé dans la même *matière*). Ce dernier auroit donc eu encore $\frac{31}{73}$ de ſon échelle à parcourir, avant d'être réduit à *zéro*; & cependant le Thermomètre de *mercure*, en ſuivant ſa *marche* ordinaire (que j'ai lieu de croire plus proportionnelle à la chaleur que celle de l'*eſprit-de-vin*) devoit être à 628. Donc le *zéro de la chaleur*, rapporté même au *zéro de l'élaſticité de l'air*, pouvoit être encore fort éloigné, quoique le Thermomètre de *mercure* fût deſcendu à 640.

Il n'eſt pas beſoin, contre cette objection, que l'expérience de M. *Amontons* ſoit abſolument exacte.

416 *o*. Voilà ce que M. *Anac* n'avoit pu conſidérer, par les raiſons que j'en ai données ci-devant, & qui ôte à ſon objection toute ſa force. Il eſt vrai que par un grand nombre d'expériences que j'ai faites, pour déterminer les *marches* correſpondantes de l'*air* & du *mercure*, j'ai lieu de croire qu'elles ne diffèrent pas autant que le ſuppoſe cette analogie, quoique je n'aie pu déterminer leur rapport. Je parlerai dans la ſuite, ſur-tout en traitant du Thermomètre de M. *Amontons*, des obſtacles qui s'oppoſent à déterminer la *marche* de l'*air* (420 *d*). Mais une très-petite différence ſuffit, pour que le *mercure* ait pu deſcendre à 640, dans le principe même de M. *Anac*.

Il eſt à déſirer que le *mercure* puiſſe ſervir à *meſurer* la *chaleur* juſqu'au moment où il ſe gèle.

416 *p*. L'objection que je viens d'examiner, ne prouvant rien contre les expériences de M. *Braun*, n'affoiblit point les preuves que j'ai données de la régularité du *mercure* dans ſa *marche* juſqu'au moment où il ſe gèle. Il eſt donc à déſirer qu'on puiſſe l'employer juſqu'à

ce point, à la mesure de la chaleur, & il me paroît aisé d'y réussir.

Obstacle. 416 *q*. J'ai montré ci-devant que l'obstacle consiste en ce que les couches extérieures du *mercure* contenu dans la boule du Thermomètre, se gèlent plutôt que les parties intérieures, lorsque la diminution de la chaleur est subite. Or nous trouvons dans les expériences de M. *Braun*, un premier moyen de diminuer cet effet; c'est d'employer des Thermomètres à très-petites boules. On comprend bien, que moins la masse du *mercure* sera grande, plus elle approchera d'être affectée par-tout en même tems de la température extérieure.

Moyen de le lever. 416 *r*. J'ai indiqué aussi une méthode (415 *aa*.), qui, jointe à ce premier moyen, me paroît propre à assurer la *marche* du Thermomètre; mais comme elle seroit incommode pour l'usage ordinaire, je crois qu'on pourroit y suppléer utilement par un moyen plus simple, qui seroit de garnir la boule d'une couche de cire molle : cette couche rendroit le *réfroidissement du mercure* assez lent, pour qu'il se distribuât presque en même tems dans toute la petite masse. L'expérience enseigneroit quelle épaisseur devroit avoir la couche de cire, pour qu'une sphérule de *mercure*, d'une ligne ou 1 ½ ligne de diamètre, se gelât sensiblement au même instant dans toute son épaisseur. Ce moyen n'exigeroit d'autre précaution, que de faire les mêlanges *frigorifiques* un peu plus grands que ne les faisoit M. *Braun*.

416 *s*. Quoique les expériences de la *congélation du mercure* n'aient pas été faites par M. *Braun*, avec toutes les précautions qu'on y désireroit, elles ne laissent pas de nous montrer dans le *mercure*, les trois propriétés que nous devons chercher dans le liquide qui restera seul destiné au Thermomètre (414 z). Les expériences de M. *Braun* montrent dans le *mercure* trois *propriétés* essentielles pour le *Thermomètre*.

416 *t*. Nous y voyons d'abord certainement que le *mercure* ne se dilate point lorsqu'il se gèle, & c'est la propriété la plus essentielle, d'après tout ce que j'ai prouvé sur ce sujet. 1e. *Propriété*; le *mercure* ne se dilate pas lorsqu'il se gèle.

416 *u*. Secondement, il ne se gèle que par une très grande diminution de la chaleur, & plus grande peut-être, que celle qui peut produire cet effet sur les liquides mêmes, qui ne se sont pas gelés dans les expériences de M. *Braun*; car nous ignorons s'ils ont eu le tems de perdre l'excès de leur chaleur sur celle de la matière qui les environnoit, avant qu'elle commençât à reprendre la chaleur qu'elle avoit perdue. Mais quand il seroit vrai que le mercure se gèle par une moindre diminution de chaleur que ces liquides, aurions-nous quelque chose à regretter? N'est-ce pas assez qu'il demeure liquide, par un *froid* qui surpasse de plus de 350 dégrés du Thermomètre de *Delisle*, le *froid* le plus grand qui ait été observé dans l'air libre; celui de 281 dégrés que M. *Gmélin* éprouva en *Sibérie* en 1735 & dont il parle dans sa *Flora Siberica?* Il arrivera donc bien rarement, qu'on ait besoin de mesurer d'assez grandes diminunutions de la chaleur, pour que le *mercure* 2e. *Propriété*; il ne se gèle que par une très-grande diminution de chaleur.

ne puisse y suffire ; & lorsqu'il n'y suffira pas, s'il y a réellement quelque liquide qui conserve plus longtems que lui sa liquidité, après avoir comparé leurs *marches*, ce liquide nous servira dans ces cas extrêmes.

3e. Propriété; il ne se contracte point extraordinairement quand il se gèle.

416 *x*. Enfin il est très-probable, par les expériences mêmes de M. *Braun*, malgré ces *chûtes subites* qu'il a observées, que le *mercure* se condense régulièrement jusqu'à ce qu'il cesse d'être liquide; & que ces *chûtes*, le seul signe apparent d'une contraction irrégulière, n'étoient produites que par le frottement qu'éprouvoit la colonne de *mercure* contenue dans le tube du Thermomètre, lorsqu'elle venoit à se geler.

DES circonstances qui accompagnent l'extrême dilatation *de certains liquides, considérées quant aux effets que produit leur cause, sur les dilatations antérieures de ces liquides.*

C'est dans les *extrêmes* de la *marche* des liquides, qu'on découvre le mieux les causes qui y influent.

417 *a*. C'est dans les *extrêmes* de condensation & de dilatation des liquides, que j'ai cherché à démêler les causes particulières, auxquelles ils obéissent dans leur marche intermédiaire; parce que c'est dans ces *extrêmes* que les effets de ces causes *dépassant*, pour ainsi dire, ceux de la cause principale, peuvent être démêlés plus sûrement. C'est ainsi que nous démêlons dans le bord d'une étoffe, le tissu dont elle est formée.

L'extrême de leur *condensation* a été examiné jusqu'ici.

417 *b*. J'ai examiné jusqu'ici l'*extrême condensation*, & l'on a vu que de tous les liquides qu'on a employés jusqu'à présent au Thermo-

mètre, le *mercure* est celui qui, parvenu à cet état, y manifeste le moins de causes d'irrégularité; que même il n'en manifeste aucune. Il me reste à faire voir qu'il montre aussi une régularité plus grande dans l'*extrême* opposé.

Il reste à examiner celui de leur *dilatation.*

417 *c.* Un liquide exposé à l'action d'une chaleur suffisante, après en avoir reçu dans ses interstices autant qu'il peut en recevoir sans cesser d'être continu, perd enfin sa continuité, se réduit tumultueusement en vapeurs, & se tient plus ou moins enflé, suivant sa nature; il *bout*, en un mot, jusqu'à ce qu'il soit totalement *évaporisé.*

La chaleur *vaporise* enfin les liquides.

417 *d.* Cette dilatation extrême des liquides, produite par les *vapeurs* devenues très-abondantes, n'est certainement pas proportionnelle à l'augmentation de la chaleur : car tandis, par exemple, que l'*esprit-de-vin* est gonflé par l'*ébullition*, *l'eau* ne paroit point encore changer d'état; elle continue à se dilater sans bouillir; & lorsqu'elle bout, le *mercure* ne produit pas même encore des *vapeurs.*

Cette *dilatation extrême* n'est pas proportionnelle à la chaleur.

Différence entre quelques liquides à cet égard.

417 *e.* L'*ébullition* est donc une dilatation irrégulière des liquides, & il est probable qu'avant la production de cet effet extrême, les liquides sont déjà affectés de la cause qui le produit. L'expansion des *vapeurs*, est un phénomène très-différent de la simple dilatation d'un liquide; c'est une toute autre combinaison de ses parties avec le feu. Or cette combinaison nouvelle, commence bien avant l'ébullition dans certains liquides; puisque long-tems auparavant, ils produisent des *vapeurs.* Cette cause peut donc rendre croîssante la *marche* de

L'effet de cette cause doit précéder l'*ébullition.*

leurs dilatations, quoique les augmentations de chaleur qui les produisent soient égales entr'elles, & concourir ainsi, dans les *liquides aqueux*, à rendre décroîssante celle de leurs condensations.

Examen de cet effet dans les liquides qui ne montrent pas des causes d'irrégularité dans leur *marche*, lors de leur extrême condensation.

417 *f*. Il est plus sûr de considérer cet effet dans les liquides, qui, au moment de leur *condensation extrême*, ne dévoilent aucune cause qui puisse rendre décroîssante la *marche* de leurs condensations; tels que les *huiles* & le *mercure*: parce que nous pourrons comparer avec plus de sûreté les *marches* de ces liquides, avec les circonstances qui accompagnent leur *dilatation extrême*.

Expériences sur l'*ébullition* & l'*évaporation* de l'*huile d'olive*.

417 *g*. J'ai mis sur le feu l'*huile d'olive*, & j'y ai plongé un Thermomètre de *mercure*. Dès qu'elle a été un peu échauffée, il s'en est élevé des *vapeurs*. Elle a commencé à *bouillir* à 240, de l'échelle divisée en 80 parties entre l'eau bouillante & la glace qui fond: mais elle n'avoit pas acquis son plus haut dégré de chaleur. Elle a continué à s'échauffer jusqu'à 275, en bouillant toujours avec plus de force: à ce point elle s'est *enflammée* d'elle-même. Le *mercure* du Thermomètre n'a donné cependant aucun signe d'ébullition.

Chaleur que le *mercure* peut supporter sans *bouillir*.

Je n'ai pas éprouvé la chaleur du *mercure* qui bout; mais on voit déja par cette expérience, qu'elle doit être plus grande que celle de l'*huile d'olive* bouillante; & M. *Braun* assûre (*a*) d'après un grand nombre d'expériences,

(*a*) *Nov. Comment. Acad. Petroburg*, année 1765 page 299.

que le mercure ne bout qu'à 414 au-dessus de *zéro* de l'échelle de *Delisle*, qui correspondent à $300\frac{4}{5}$ de la nôtre.

417 *h.* A cette première différence entre l'*huile d'olive* & le *mercure*, s'en ajoûte une autre, tirée de la nature de leurs vapeurs. Celles du *mercure* ont très-peu de vertu expansive en comparaison de celles de l'*huile d'olive*; & elles ne sont pas inflammables comme celles-ci.

La chaleur vaporise aussi l'*huile d'olive* plus aisément que le *mercure*.

417 *i.* La *chaleur* a donc bien plus de prise sur l'*huile d'olive* pour la réduire en vapeurs & pour la faire bouillir, quelle n'en a sur le *mercure* aux mêmes égards : & par conséquent, si la *chaleur*, en tendant à produire ces effets extrêmes sur les liquides, fait suivre à leurs dilatations une marche croîssante, quoiqu'elle augmente par dégrés égaux ; elle doit faire croître plus rapidement la suite des dilatations de l'*huile d'olive* que celle des dilatations du *mercure*. Et c'est ce que dit l'expérience : les dilatations de l'*huile d'olive* vont en effet en croîssant, comparativement à celles du *mercure* : on pourra le voir dans la table que je donnerai bientôt (418 *m*). On verra aussi à la suite de cette table que l'*huile de lin* est à cet égard dans le même cas que l'*huile d'olive*.

Conséquence.

Les *dilatations de l'huile d'olive* doivent aller en *croîssant*, comparativement à celles du *mercure*.

D'accord avec l'expérience.

417. *k.* J'ai parlé ci-devant d'un Thermomètre d'*huile essentielle de serpolet*, que j'ai fait à l'occasion des expériences de M. *Braun*. Ce Thermomètre a servi à confirmer mon idée. Ayant vu que ses dilatations suivoient une marche croîssante comparativement à celles

Les *dilatations de l'huile de serpolet* vont en croîssant, comparativement à celles de *l'huile d'olive*.

Conjecture d'après l'hypothèse. de l'*huile d'olive*, je jugeai que la première de ces huiles devoit *s'évaporer* & *bouillir*, plutôt que la dernière.

Expérience pour la vérifier. 417 *l.* Je ne pus avoir que deux ou trois onces d'*huile de serpolet* pour faire cette épreuve. Je la mis sur le feu, dans un petit vâse propre à l'y faire bouillir, & j'y plongeai un Thermomètre de *mercure*. Elle produisit bientôt des vapeurs, & commença de bouillir à 115; & par conséquent 125 dégrés plutôt que l'*huile d'olive*: ses *vapeurs* devinrent alors fort épaisses & très-odorantes. Elle continua à s'échauffer jusqu'à 218: mais l'évaporation avoit été si grande, qu'à ce point il ne resta plus assez de liqueur pour couvrir la boule du Thermomètre. J'approchai de la vapeur un papier allumé; elle s'enflamma, & le reste de l'*huile* fut consumé en un instant.

Elle est d'accord avec l'hypothese. *L'huile de serpolet s'évapore & bout plutôt que l'huile d'olive.*

Conséquence. 417. *m.* Il paroît de-là, & de l'expérience précédente, que, toutes choses d'ailleurs égales, plus un liquide *s'évapore* & *bout* aisément, plus la suite de ses dilatations est *croissante*, par les mêmes augmentations de la chaleur; & par cela même ces *accroissemens* de dilatation, sont un défaut relativement au Thermomètre, puisque c'est une tendance dans le liquide, à passer dans un état, où les proportions de son volume avec la chaleur, changent totalement. C'est donc une perfection dans le *mercure* de résister à ce double effet de la chaleur, plus que tous les autres liquides.

Plus un liquide résiste à *s'évaporer* & à *bouillir*, plus sa *marche* doit approcher d'être proportionnelle à celle de la chaleur.

Le mercure en approche donc le plus.

Conséquence générale en faveur du mercure. 417 *n.* Ainsi tout concourt à nous persuader, que le *mercure* est le liquide qui approche le plus de ne recevoir de la chaleur, que de sim-

ples additions à son volume, proportionnelles aux augmentations de la chaleur même ; & que par conséquent, lorsque nous l'employons pour le Thermomètre, les *différences* de son *volume* nous donnent les rapports les plus approchans du vrai entre les *différences* de la *chaleur*.

417 *o*. Je ne dois pas omettre ici, que les changemens qui arrivent dans la capacité de la boule du Thermomètre, contribuent un peu à ses variations. Mais j'observe en même tems, que, si ces changemens de capacité de la boule sont proportionnels aux changemens de volume du liquide, ils n'altèrent point la *marche* du Thermomètre : ses dégrés, quoique plus petits qu'ils ne le seroient, si la capacité de la boule ne changeoit point, restent dans les mêmes rapports avec les variations correspondantes de la chaleur. Et si ces changemens ne sont pas absolument proportionnels, ceux qu'éprouve la capacité de la boule, sont si petits, en comparaison des changemens correspondans dans le volume du liquide, que les premiers n'altèrent pas sensiblement les rapports des derniers. D'ailleurs tous les liquides dont j'ai comparé les condensations correspondantes, étoient semblablement renfermés dans des boules de même verre : ainsi leurs *marches* en étoient également affectées ; & par conséquent les inductions que j'en ai tirées restent toujours les mêmes.

Changemens de capacité de la boule.

Ils n'altèrent pas sensiblement la *marche* de ce liquide.

Moins encore le rapport des marches des divers liquides.

418 *a*. Je vais donner une table des points correspondans des divers Thermomètres que j'ai employés dans les expériences précédentes ;

Opération pour comparer des Thermomètres

faits de liquides différens.

mais auparavant je dois indiquer l'opération par laquelle j'ai trouvé leurs rapports.

Grosseur de leurs boules.

418 *b*. Les boules de tous ces Thermomètres, excepté celle du Thermomètre du *mercure*, étoient sensiblement égales, & d'environ 8 lignes de diamètre: celle de ce dernier avoit 10 lignes; je la fis exprès plus grosse; parce que le mercure se conforme à la température extérieure, plus promptement que tout autre liquide. Ce rapport de 4 à 5, dans le diamètre, qui donne un rapport d'environ 1 à 2 dans la solidité, étoit à la vérité fort éloigné encore de produire une différence, qui pût compenser la différence de *sensibilité* de ces Thermomètres; puisque les *sensibilités* de l'*esprit-de-vin* même & du *mercure*, sont environ comme 1 à 6. Mais vu la lenteur de l'opération, cette différence de *sensibilité* n'a certainement causé aucune erreur essentielle.

Rapport des sensibilités de l'esprit-de-vin & du mercure, quant à la chaleur.

Formation des échelles de ces Thermomètres.

418 *c*. Je mis ces Thermomètres dans *la glace pilée* disposée à fondre, & dans *l'eau bouillante*, & je marquai sur leurs tubes, les points où chacun des liquides se tenoit dans ces températures. Je rapportai ces points sur les montures de ces Thermomètres; & j'en divisai semblablement l'intervalle en 80 parties égales.

Fixation des points de comparaison sur le Thermomètre de mercure.

Moyen de lui comparer

418 *d*. Comme le Thermomètre de *mercure* étoit celui auquel je me proposois de comparer les autres, je marquai ses dégrés de 5 en 5 sur son tube avec une soie très-déliée. J'appliquai aux tubes des autres Thermomètres, de petits *curseurs*, faits de tuyaux de plumes

dont les extrémités avoient été coupées sur le tour. Ces tuyaux, fendus dans leur longueur, & originairement plus étroits que les tubes qu'ils embrassoient, restoient fixés par leur ressort, au point où je les conduisois. Chacun de ces *curseurs* étoit destiné à marquer par son extrémité supérieure la hauteur du Thermomètre auquel il étoit adapté, au moment où le mercure parvenoit à quelqu'un des dégrés marqués par des soies sur son tube. les autres Thermomètres.

418 *e.* Je ne pouvois connoître avec certitude les points correspondans de tous ces Thermomètres, qu'autant que les changemens de température de l'eau, dans laquelle ils devoient être plongés, seroient très-lents. Je pris donc un grand vâse pour mon opération : il étoit cylindrique; son diamètre, qui se trouvoit égal à sa hauteur, étoit de 13 pouces. J'y appliquai deux montans à coulisse, diamètralement opposés; ils portoient une petite planche qui montoit & descendoit à volonté au-dessus du vâse, en glissant dans la coulisse. Je liai les Thermomètres sur la petite planche par le haut de leurs tubes; en sorte que je pouvois élever ou abbaisser chacun d'eux, en le faisant glisser dans ses liens; & tous ensemble, en élevant ou abbaissant la planchette. On comprend que ces Thermomètres étoient séparés de leurs *montures*. Manière de suspendre tous ces Thermomètres dans un grand vâse plein d'eau.

418 *f.* Lorsque je voulois opérer, je rangeois d'abord toutes les boules sur une même ligne, dans le milieu du vâse; je le remplissois d'eau, que je faisois chauffer jusqu'à ce qu'elle Commencement de l'opération pour comparer ces Thermomètres

dans cette *eau* d'abord fort échauffée.

fût prête à bouillir. Je n'osois pas la laisser bouillir entièrement, de peur que les boules venant à se heurter par l'agitation de l'*eau*, ne se rompissent. Mais, je l'ai dit, chaque Thermomètre avoit été mis séparément à l'eau bouillante.

Continuation de l'opération dans l'*eau* qui se refroidissoit tres-lentement.

418 *g*. Mon but étoit de laisser l'*eau* se refroidir lentement, & de marquer sur ces divers Thermomètres les points correspondans à des hauteurs déterminées du Thermomètre de mercure, placé au milieu. Pour cet effet je laissois s'éteindre de lui-même, le feu qui avoit chauffé l'eau, ce qui rendoit le refroidissement si lent, que, quoique les fils qui marquoient les dégrés du Thermomètre de *mercure* de 5 en 5, fussent fort minces, je rangeois à mon aise les petits *curseurs* des autres Thermomètres, tandis que l'extrémité de la colonne de *mercure* parcouroit l'épaisseur de ces fils, qui me la cachoient. Toutes les fois que le Thermomètre de *mercure* approchoit de l'un des points déterminés, j'agitois fortement l'*eau* pour rendre sa température égale par-tout.

Manière de déterminer les points correspondans de ces Thermomètres sur leurs échelles.

418 *h*. A chaque observation, je portois avec un compas sur la monture de chaque Thermomètre, la distance qui se trouvoit entre le fil qui marquoit l'*eau* bouillante, & le point où le *curseur* venoit d'être fixé. Quand cette distance étoit devenue trop grande pour être prise aisément avec le compas, je fixois le *curseur* sur un point; je marquois sur la monture le point qui y correspondoit, & je mettois un autre *curseur* au-dessous de celui-là, pour suivre la marche de la liqueur. Ou bien je rap-

portois les points observés, au fil de la *glace*, dont la liqueur se rapprochoit en descendant.

418 *i*. C'est ainsi que j'ai marqué sur les Thermomètres dont je vais indiquer la *marche*, & sur plusieurs autres dont je parlerai dans la suite, les points correspondans au Thermomètre de *mercure*, de 5 en 5 dégrés; depuis 80, qui est celui de l'*au bouillante*, jusqu'à 15, qui marquoit alors la température extérieure dans une partie du jour : c'étoit au mois de Mai.

Ces points déterminés depuis l'*eau bouillante* jusqu'au 15me. dégré du Thermomètre de *mercure*.

418 *k*. Il m'importoit sur-tout d'avoir sur mes divers Thermomètres, d'une manière bien exacte, le point correspondant au 10me. dégré du Thermomètre de *mercure*; on en verra la raison dans la suite (442 *b*). Je cherchai donc ce point dans une température naturelle & durable; & je le trouvai sur la fin de Juin dans ma cave, qui conserva cette température durant plusieurs jours sans variation sensible. Prévoyant que ce moment arriveroit, je m'étois préparé à faire l'observation avec exactitude. Tous mes Thermomètres étoient sur des montures, dont la largeur n'excédoit pas d'un quart de ligne celle des boules : celles-ci étoient isolées, & soutenues seulement par le bas. Quinze Thermomètres n'occupoient ainsi qu'un pied de largeur, & leurs boules étoient placées sur une même ligne horizontale. Ces Thermomètres étoient attachés sur une même planche, dont la partie inférieure se terminoit en une espèce de boîte de 6 pouces de haut & de 2 pouces ½ de profondeur. Cette boîte étoit destinée à garantir les boules, de la cha-

Les points corresp. au 10me. dégré du Therm. de *mercure* sur les autres Therm. déterminés dans une cave.

Moyen pour s'assurer de l'exactitude de cette détermination.

leur de mon corps, & de celle d'a bougie dont j'avois besoin pour mes tions. Avec ces précautions je marq exactement sur tous mes Thermome point correspondant au 10me. dégré d momètre de *mercure*.

Fixation des points correspond. au 5me. dégré au-dessus de *zéro*, & aux 5me. & 10me. dégrés au-dessous.

418 *l*. J'employai de l'eau refroidie la glace, pour trouver le point qui cor au 5me. dégré. Je pris enfin dans de l'eau refroidie par de la *glace* mêlée de *sel ma* points des Thermomètres *d'esprit-de-vin* *salée* qui correspondent sur le Thermom *mercure* au 5me. & au 10me. dégré au-dess *zéro*.

Explication de la Table qui renferme les résultats de cette expérience.

418 *m*. La table suivante montre les rés de ces observations. Ces résultats sont r sentés par deux colonnes pour chaque T momètre. Les premières renferment les teurs correspondantes au-dessus de *zéro*, e mées en parties, ou dégrés, dont 80 sont jours la distance du point où *la glace se fon* celui où l'*eau bout*. J'ai placé dans les seco colonnes les différences de ces hauteurs, sont les dilatations correspondantes de ces div Thermomètres. C'est la suite de ces différen qui exprime ce que j'ai appelé la *marche* d liquides.



418 *n*.

418 *m. TABLE des dégrés correspondans de 5* Thermomètres *faits de différens liquides* (*a*).

	Mercure.		Huile d'olive.		Huile essent. de camomille.		Huile essent. de serpolet.		Esprit-de-vin qui brûle la poudre.		Eau saturée de sel marin.		Eau commune.	
Eau bouillante.	80		80,0		80,0		80,0		80,0		80,0		80,0	
	75	5	74,6	5,4	74,7	5,3	74,3	5,7	73,8	6,2	74,1	5,9	71,0	9,0
	70	5	69,4	5,2	69,5	5,2	68,8	5,5	67,8	6,0	68,4	5,7	62,0	9,0
	65	5	64,4	5,0	64,3	5,2	63,5	5,3	61,9	5,9	62,6	5,8	53,5	8,5
	60	5	59,3	5,1	59,1	5,2	58,3	5,2	56,2	5,7	57,1	5,5	45,8	7,7
	55	5	54,2	5,1	53,9	5,2	53,3	5,0	50,7	5,5	51,7	5,4	38,5	7,3
	50	5	49,2	5,0	48,8	5,1	48,3	5,0	45,3	5,4	46,6	5,1	32,0	6,5
	45	5	44,0	5,2	43,6	5,2	43,4	4,9	40,2	5,1	41,2	5,4	26,1	5,9
	40	5	39,2	4,8	38,6	5,0	38,4	5,0	35,1	5,1	36,3	4,9	20,5	5,6
	35	5	34,2	5,0	33,6	5,0	33,5	4,9	30,3	4,8	31,3	5,0	15,9	4,6
	30	5	29,3	4,9	28,7	4,9	28,6	4,9	25,6	4,7	26,5	4,8	11,2	4,7
	25	5	24,3	5,0	23,8	4,9	23,8	4,8	21,0	4,6	21,9	4,6	7,3	3,9
	20	5	19,3	5,0	18,9	4,9	19,0	4,8	16,5	4,5	17,3	4,6	4,1	3,2
	15	5	14,4	4,9	14,1	4,8	14,2	4,8	12,2	4,3	12,8	4,5	1,6	2,5
	10	5	9,5	4,9	9,3	4,8	9,4	4,8	7,9	4,3	8,4	4,4	0,2	1,4
	5	5	4,7	4,8	4,6	4,7	4,7	4,7	3,9	4,0	4,2	4,2	-0,4	0,6
Glace qui fond.	0	5	0,0	4,7	0,0	4,6	0,0	4,7	0,0	3,9	0,0	4,2	0,0	-0,4
	5	5	Au-dessous de zéro variable suivant la durée du *froid.*						3,9	3,9	4,1	4,1		
	10	5							7,7	3,8	8,0	3,9		

419 *a.* Les irrégularités qu'on voit dans la *marche* de l'*huile d'olive* m'engagèrent à répéter.

(*a*) La première fois que je considérai, dans cette Table, l'expression des dilatations correspondantes de ces différens liquides, j'éprouvai un embarras que je crois devoir épargner à ceux de mes Lecteurs qui la verroient comme je la vis alors.

L'esprit-de-vin, par exemple, qui, selon mon systême, doit avoir des dilatations *croissantes*, comparati-

Difficulté de déterminer la *marche* des *huiles.*

l'expérience. Cette huile suivit à-peu-près la même *marche* quant à l'ensemble : seulement

vement à des dilatations du mercure égales entr'elles, se tient cependant toujours *plus bas* que celui-ci ; tandis qu'il semble au premier coup-d'œil que ces dilatations *croissantes* de l'*esprit-de-vin* devroient être exprimées par des hauteurs *croissantes* de plus en plus, comparativement à celles du *mercure.*

Cette illusion est l'effet de la position des deux points communs & semblablement nommés de ces Thermomètres. L'un détermine le commencement des dégrés ascendans ; & ce point, qui est à la température de la *glace qui fond*, se nomme o sur les deux Thermomètres. L'autre termine les deux échelles dans le haut ; il est pris dans l'*eau bouillante*, & se nomme 80 sur l'une & sur l'autre. Les deux intervalles sont semblablement divisés en 80 parties égales.

Dans cet arrangement, qui, au fond, est arbitraire, le nombre 80 exprime la somme des dilatations du *mercure* & de *l'esprit-de-vin.* Mais pour le *mercure*, 80 est la somme d'un certain nombre de termes *égaux;* au-lieu que pour l'*esprit de-vin*, c'est la somme d'un même nombre de termes qui *vont en croissant.* Il suit de-là nécessairement, que les premiers termes de *l'esprit-de-vin* doivent être plus petits que ceux du mercure, & que les derniers termes doivent être plus grands. C'est aussi ce qu'on voit dans la Table, en comparant les secondes colonnes de ces deux Ther., lesquelles renferment les différences des *nombres* successifs des premières colonnes, ou les suites des dilatations correspondantes des deux liquides, dont la somme est également 80.

Quant à ces *nombres* des premières colonnes, qui expriment les *hauteurs* correspondantes des deux Thermomètres, on voit qu'ils sont toujours les sommes des *termes* précédens des secondes colonnes, comme 80 en est la somme totale. Par conséquent, tant que les *termes* de l'*esprit-de-vin* restent plus petits que les *termes* correspondans du *mercure*, les sommes de ces *termes*, soit les *hauteurs* de l'*esprit-de-vin*, doivent être plus petites de

les irrégularités furent un peu différentes. Les *huiles* en général se conforment lentement à

---

plus en plus, que les sommes des *termes* correspondans, soit les *hauteurs* du mercure. Mais dès que les *termes* de l'esprit-de-vin deviennent plus grands que ceux du mercure, les sommes respectives, soit les *hauteurs* des deux liquides, tendent à se rapprocher, & deviennent enfin égales au point 80. Si l'*esprit-de-vin* pouvoit supporter de plus grandes chaleurs, il résulteroit du même arrangement, que, dès le premier terme suivant, le nombre qui exprimeroit sa hauteur seroit plus grand que celui qui exprimeroit la hauteur du *mercure ;* & cette différence, contraire à la précédente, augmenteroit très-rapidement.

En général, dans tous les intervalles correspondans des deux Thermomètres, dont les *extrémités* auront une même dénomination, parce qu'ils seront semblablement divisés, le Thermomètre d'*esprit-de-vin* paroîtra plus bas que celui de *mercure*, mais d'autant moins que l'intervalle sera plus petit ; à l'*extrémité* supérieure ils redeviendront d'accord ; & au-delà de ce point, l'*esprit-de-vin* se tiendra plus haut de plus en plus que le *mercure.*

Je suppose, par exemple, qu'on prît pour *point* commun supérieur *la chaleur naturelle du corps humain*, comme l'avoit fait *Newton* (428 *d*), & comme M. *Brisson* l'a fait depuis (446 *a*) ; je suppose aussi, pour plus de commodité, que ce point soit exactement au 30*me.* dégré du Thermomètre de *mercure* (445 *d*). Le point correspondant du Thermomètre d'*esprit-de-vin* sera donc aussi appellé 30, & l'intervalle de ce point à *zéro* sera divisé en 30 parties égales. Il y aura donc 30 dégrés dans le même intervalle du Thermomètre d'*esprit-de-vin* ; là où, sur mon échelle, il n'y en a que 25, 6. Et comme toute l'échelle doit avoir les mêmes dégrés, le nombre de *mes* dégrés sera toujours au nombre des dégrés *nouveaux* dans les mêmes intervalles, comme 25, 6 à 30, ou comme 256 à 300.

On pourra donc changer uniformément, suivant ce rapport, l'expression des *hauteurs* de l'*esprit-de-vin*, sans

la température des corps qui les environnent, & s'écoulent difficilement le long des parois du tube quand elles se condensent dans le Thermomètre.

Trois espèces d'*huiles* dont les condensations vont en décroissant, comparativement à celles du *mercure*.

419 *b*. Ces deux causes rendent assez difficile la détermination exacte de la *marche* des *huiles* :

---

qu'on change pour cela le rapport de ses dilatations successives : & alors,

au-lieu de cette suite,

3,9 . 7,9 . 12,2 . 16,5 . 21,0 . 25,6

qui correspond dans la Table à la suite du mercure,

5 . 10 . 15 . 20 . 25 . 30

on aura celle-ci,

4,6 . 9,5 . 14,3 . 19,3 . 24,6 . 30

où l'*esprit-de-vin* paroît encore un peu *plus bas* que le mercure, excepté au point commun 30. Mais au-delà de ce point, les nombres qui exprimeront les *hauteurs* de l'*esprit-de-vin*, deviendront plus grands de plus en plus que ceux qui expriment les *hauteurs* correspondantes du *mercure* : car,

au-lieu de la suite,

25,6 . 30,3 . 35,1 . 40,2 . 45,3 .. 80

correspondante dans la Table à la suite du mercure.

30 . 35 . 40 . 45 . 50 ... 80

on aura celle-ci,

30 . 35,5 . 41,1 . 47,1 . 53,1 . 93,.8

où la *hauteur* de l'*esprit-de-vin* paroît augmenter de plus en plus par-dessus celle de *mercure*. Je dis *paroît ;* car on voit bien qu'en ceci *plus bas* ou *plus haut* n'est qu'*apparence*. Il n'y a de vraiment *fixe* que les *rapports* des *termes* successifs de l'*esprit-de-vin*, qui expriment ses dilatations correspondantes à des dilatations du mercure égales entr'elles ; & ces *termes*, dans ma *Table*, sont les *différences* des *hauteurs* de l'*esprit-de-vin* ; lesquelles *différences* conserveront toujours les mêmes *rapports* entr'elles, quelle que soit la grandeur absolue des dégrés égaux qui exprimeront les *hauteurs*.

cependant, comme dans les refroidiſſemens ces cauſes tendent à ſe compenſer; je ne crois pas qu'elles aient altéré eſſentiellement la *marche* de mes trois Thermomètres d'*huiles* différentes. On peut juger au moins ſûrement, que les condenſations de ces trois eſpèces d'*huiles* ſuivent une marche décroîſſante, comparativement aux condenſations du *mercure*.

419 *c.* Il en eſt de même de l'*huile de lin*, employée par *Newton* dans ſon Thermomètre. M. *Ducreſt* a comparé la *marche* de cette liqueur, & celle du *mercure*, avec la *marche* de l'*eſprit-de-vin;* & il a exprimé leur correſpondance de 10 en 10 dégrés de ſon Thermomètre, dans une Table dont voici l'extrait.

Il en eſt de même de l'*huile de lin*, par une expérience de M. *Ducreſt*.

	Eſprit-de-vin.		Mercure.		Huile de lin.
Eau bouillante.	100	-	100	-	100
	50	-	$56\frac{2}{3}$	-	$55\frac{11}{20}$
Temp des ſouterrains.	0	-	0	-	0
	50	-	$70\frac{5}{6}$	-	$66\frac{2}{3}$
	100	-	153	-	$144\frac{13}{30}$

419 *d.* Le Thermomètre d'eau ſimple préſente une *marche* bien ſingulière; & d'autant plus intéreſſante, qu'il s'agit du liquide le plus univerſellement répandu dans la nature, & dont l'uſage eſt le plus général. N'ayant pu marquer dans la Table précédente les obſervations faites ſur ce Thermomètre, que de 5 en 5 dégrés du Thermomètre de *mercure*, j'ajouterai les remarques ſuivantes ſur ſes divers états aux environs de la *congélation*.

Remarques ſur le Ther. d'*eau*.

Cette *eau* étoit purgée de beaucoup d'air.

419 *e*. Je dois faire observer d'abord, que l'*eau* de mon Thermomètre différoit de l'*eau* commune, en ce qu'elle étoit purgée de beaucoup d'*air*; ce qui est absolument nécessaire pour que ce Thermomètre soutienne le dégré de chaleur de l'*eau bouillante*. Mais les autres Thermomètres auxquels je l'ai comparé étoient aussi purgés d'*air*. 2°. La Température où l'*eau* est le plus condensée, est à-peu-près à + 4 du Thermomètre de *mercure*: le Thermomètre d'*eau* est alors à — ½ sur sa propre échelle, dont le *zéro* est la température de la *glace qui fond*. Quand *l'eau* est parvenue à cette condensation extrême, son volume augmente, soit que la chaleur augmente, soit qu'elle diminue. 3°. L'*eau* a une égale dilatation, dans la température de la *glace qui fond*, & dans celle qui fait monter le Thermomètre de *mercure* à + 8: ainsi le Thermomètre d'*eau* descend, pendant les 4 prémiers dégrés d'ascension du Thermomètre de *mercure* depuis *zéro*, de la même quantité dont il remonte, pendant les 4 degrés suivans; c'est à-dire de ½ dégré. 4°. Si donc le Thermomètre d'*eau* est à *zéro* en même tems que le Thermomètre de *mercure* est à + 8, & que la chaleur aille en diminuant, le Thermometre *d'eau* baisse un peu, puis il remonte: mais s'il est à *zéro* par la même température qui réduit aussi à *zero* le Thermomètre de *mercure*, & que la chaleur vienne à diminuer, il monte rapidement, d'une manière difficile à déterminer, tant parce qu'elle est variable, que parce que l'*eau*, en se gelant, casse le plus souvent la boule qui la renferme.

Ses différens états aux environs de la congélation.

419 *f*. Ainsi, malgré la quantité d'*air* qui sort de cette *eau* par les opérations destinées à lui faire supporter la chaleur de l'*eau* bouillante, son volume ne laisse pas d'augmenter avant & durant la congélation : mais cette augmentation n'est pas si grande que dans l'*eau* commune. J'avois entrepris des expériences pour déterminer les dégrés de dilatation de l'*eau* qui a tout son *air*, lorsqu'elle approche de la congélation : mais je trouvai ces expériences très-délicates ; & comme par cela même elles demandoient beaucoup de tems & de soins, & qu'elles n'étoient pas absolument utiles à mon objet, je les ai renvoyées à un autre tems.

La privation d'une partie de son air ne change pas la nature de la *marche* de l'*eau* ; mais elle la rallentit.

419 *g*. Enfin, quelle que soit la cause qui produit l'augmentation de volume de l'*eau commune*, à la température qui la fait geler ; cette cause est détruite par le *sel marin* ; ou du moins cet effet extrême est renvoyé à un dégré inconnu de diminution de chaleur : & en même tems, par l'affoiblissement de cette cause, les condensations de l'*eau* vont beaucoup moins en diminuant, à compter dès les premiers réfroidissemens. C'est ce qu'on voit, en comparant, dans la Table précédente, les *marches* de *l'eau salée* & de *l'eau commune*.

Le *sel* la change essentiellement, en même tems qu'il retarde la *congélation* de l'*eau*.

Je me borne à ces remarques particulières ; & je reviens à mon sujet principal, en rappelant ici au Lecteur, que la Table qui précède est principalement destinée à rendre sensibles les principes que j'ai posés ci-devant, desquels il résulte, que *le mercure est de tous les liquides, celui dont les changemens dans son vo-*

Conséq. de ces exp. destinées à prouver que le *mercure* est le liquide le plus propre au *Thermom.*

lume nous donnent les idées les plus vraies des variations de la chaleur.

CONSIDERATIONS sur les solides & sur l'Air, relativement au Thermomètre.

Examen des *solides* & des *fluides* sous ce point de vue.

420. *a.* Dans la recherche de la matière que nous devons préférer pour le Thermomètre, je n'ai traité jusqu'ici que des *liquides*. Il me reste à considérer sous le même point de vue, *les solides* & les *fluides* proprement dits.

La *chaleur* produit trop peu d'effet sur les *solides*, pour qu'ils puissent servir de *Ther.*

420. *b.* La chaleur produit de si petits changemens dans la volume des *solides*, qu'il suffiroit de cette raison pour montrer qu'ils ne sont pas propres à donner des *Thermomètres*. Nous ne pouvons connoître la dilatation d'un *solide* que par son excès sur celle d'un autre *solide*, & cet excès est toujours très petit. On est donc obligé d'employer des machines compliquées, pour augmenter l'apparence des effets. Or dans cette complication, on est exposé à l'influence de diverses causes étrangères. L'humidité, par exemple, la mollesse, la ductilité ou l'élasticité des matières : le balottement des machines, leurs frottemens, & en général leurs défauts de tout genre, sont des causes presqu'inévitables d'erreurs. Je cherche depuis longtems a faire un Thermometre de métal, pour un usage particulier, & je n'ai pu parvenir encore à lui donner une marche régulière : il se retrouve rarement aux mêmes points, par les mêmes dégrés de chaleur.

Entre les

420. *c.* Entre les fluides proprement dits,

l'*air* seul peut être soumis à des expériences de ce genre. Ce fluide mérite bien à la vérité toute l'attention du Physicien, relativement à la mesure de la chaleur : car il est doué de deux qualités qui, par tout ce que j'ai dit jusques-ici, sembleroient devoir lui assurer la préférence sur toute autre matière ; c'est qu'il ne s'*endurcit* ni ne s'*évapore.* Mais son *élasticité*, & les parties hétérogènes qui s'y mêlent sans cesse, sont des causes d'irrégularité qui me paroissent invincibles.

fluides, l'air seul pourroit y être propre.

Il a des propriétés favorables à cet usage.

Mais il en a de nuisibles.

420 *d.* L'*air* étant *élastique*, on ne peut pas appercevoir les changemens de son volume, de la même manière qu'on apperçoit ceux des liquides : il remplit toujours entièrement les vâses dans lesquels il est renfermé. Les premiers Thermomètres d'*air*, comme celui de *Drebbel*, & celui d'*Avicenne* dont parle *Sanctorius*, furent faits en renfermant une certaine quantité d'*air* dans un vâse, ou simplement dans une petite boule de verre, & en le séparant de l'air libre, par l'entremise de quelque liqueur, dont les mouvemens dans un tube, indiquoient les changemens qu'éprouvoit l'*air* dans son volume par les variations de la chaleur.

On ne peut appercevoir les chang. de volume de l'*air*, que par des moyens qui les altèrent.

Ther. d'air d'*Avicenne* & de *Drebbel*.

420 *e.* Mais tous ces instrumens étoient sujets à des irrégularités inévitables. Ils agissoient presqu'autant comme Baromètres, que comme Thermomètres ; l'*air* qu'ils renfermoient étoit inégalement chargé du poids de la liqueur, qui montoit & descendoit dans le tube : il se chargeoit plus ou moins des vapeurs qui se détachoient de cette liqueur, suivant qu'il faisoit plus ou moins chaud. En un mot, ces ins-

Ils étoient sujets à des irrégularités inévitables.

trumens n'avoient rien de régulier ni d'uniforme.

M. *Amontons* fit un Ther. par le moyen des changemens que la chaleur produit dans la *force élastique* de l'*air*.

421 *a*. M. *Amontons*, qui s'étoit fort occupé des effets de la *chaleur* sur la *force élastique* de l'*air*, entreprit de perfectionner ce Thermomètre. Il abandonna le moyen tiré des changemens de volume de l'*air*, comme sujet à trop d'irrégularité ; & il y substitua les changemens que la *chaleur* produit dans la *force élastique* de ce fluide. Je m'arrêterai à son Thermomètre, le moins défectueux de ce genre qui me soit connu ; & je ne l'examinerai ici que quant aux idées qu'il peut nous fournir des effets de la *chaleur* sur l'*air*, me proposant de parler ailleurs plus en détail, des principes de sa construction (429).

Description de ce Ther.

421 *b*. Ce Thermomètre consistoit en un long tube de verre, ouvert par un bout & recourbé par l'autre bout qui se terminoit en une boule. Une certaine quantité d'*air* étoit comprimée dans cette boule, par le poids d'une colonne de *mercure*, & par celui de l'Atmosphère. L'effet de la *chaleur* sur cet *air* renfermé, étoit de lui faire soutenir plus ou moins de poids ; & cet effet étoit mesuré par la variation de la colonne de *mercure* dans son tube, corrigée par celle du Baromètre, pour l'influence des changemens du poids de l'*air* extérieur.

Effet qu'y produisoit la *chaleur*.

Cet instrument étoit bien moins imparfait que ceux auxquels M. *Amontons* le substitua. Cependant il avoit encore des défauts très-considérables, que je vais détailler.

Défauts de ce Therm.

421 *c*. Sa grandeur d'abord le rendoit im-

propre à mille expériences où le Thermomètre est néceſſaire; il avoit 4 pieds de long, & ne pouvoit guères être réduit. 2. Cette grandeur étoit nuiſible auſſi, lorſqu'on vouloit le régler. Car comment le plonger tout entier dans l'eau bouillante? C'étoit du moins une grande incommodité. 3°. Il ne pouvoit ſupporter le tranſport: car une légère inclinaiſon du tube, ou très-peu de balancement, pouvoit faire échapper l'*air*. 4°. Le frottement du *mercure* dans le tube, & la compreſſibilité de l'*air*, devoient rendre les indications de cet inſtrument très-incertaines; c'eſt-à-dire que la colonne de *mercure* pouvoit être arrêtée par ſon frottement, dans des points différens de ceux où elle auroit dû ſe fixer par l'élaſticité de l'*air*.

qui le rendoient impropre à l'uſage ordinaire.

421 *d.* Voilà quelques-uns des défauts de ce Thermomètre, qui déja l'excluoient de l'uſage ordinaire. On verra dans la ſuite (429 *e.*), que M. *Amontons* lui-même l'avoit ſenti; & qu'il vint à ne conſidérer ce Thermomètre, que comme un *étalon*, propre à régler des Thermomètres d'*eſprit-de-vin*.

M. *Amontons* les avoit reconnus.

421 *e.* Mais ſi nous conſidérons cet inſtrument du côté qui nous occupe, nous verrons bientôt, qu'il étoit très-éloigné de conſerver cette propriété que j'ai ſuppoſée dans l'air libre; d'avoir les dilatations les plus proportionnelles aux augmentations de la chaleur.

Ce Therm. n'a pas l'avantage qu'on pourroit attendre de l'*air*, pour meſurer la *chaleur*.

421 *h.* Si ce Thermomètre nous préſentoit ſûrement les dilatations & condenſations de l'*air* libre, il auroit ſans doute la propriété que nous cherchons. Mais d'abord, M. *Amon-*

Il ne montre pas les chang. de *volume*, mais de *force élaſt.* de l'*air*.

tons nous a appris lui-même (*a*), que l'*air* n'agit dans son Thermomètre que par sa *force de ressort*: que c'est cette *force* qui éprouve des variations par celles de la *chaleur*, & qu'elle est mesurée, non par les changemens du volume de l'*air*, mais par ceux du poids qu'il soutient, sans changer de volume.

Par la Théorie, ces deux chang. doivent être proportionnels.

421 *i*. Il est assez probable que ces deux changemens sont proportionnels. Ils doivent l'être du moins par la Théorie, puisque la *force de ressort* de l'air n'est que sa faculté de s'étendre; & qu'il paroît bien, que si, dans un certain cas, il devient capable de supporter un poids double, il le seroit alors de s'étendre au double, s'il restoit chargé du même poids.

Mais l'exp. n'est pas toujours d'accord avec la Théorie.

Cependant il est fort ordinaire en Physique, que la Théorie ne soit pas confirmée par l'expérience. Quelque cause imprévue survient, qui dérange les calculs.

Examen de ce Ther. en supposant ces chang. proportionnels.

421 *k*. Mais supposons que les variations de *force élastique* de l'*air*, indiquées par le changement du poids qu'il supporte, soient exactement proportionelles aux variations qu'il éprouveroit dans son volume, s'il restoit chargé du même poids, & voyons si ce Thermomètre nous indique bien ces variations de *force élastique*.

Obstacles à la mesure des chang. de *force élastique* de son *air*.

421 *l*. Un premier obstacle à ce qu'il nous les indique exactement, c'est la dilatabilité de la colonne de *mercure*, à laquelle il faut nécef-

(*a*) *Discours sur quelques propriétés de l'air*, &c., Mémoires de l'Académie Royale des Sciences, année 1702.

ſairement avoir égard : c'eſt-à-dire qu'il faut corriger la hauteur obſervée en conſéquence de l'allongement ou raccourciſſement que cette colonne elle-même auroit éprouvé par la variation de la chaleur. Car ces changemens de longueur de la colonne de mercure augmentent l'apparence des variations qu'éprouve l'*air* dans ſon reſſort. 1er *Obſtacle.* La dilatabilité de la colonne de *mercure.*

421 *m.* 2 L'indication de ce Thermomètre devroit être encore corrigée à un autre égard, à cauſe de la colonne de *mercure.* La hauteur de cette colonne ne devant être comptée que depuis le niveau du *mercure* à la naiſſance de la boule ; & ce niveau changeant, chaque fois que la colonne s'abbaiſſe ou s'élève, il faudroit néceſſairement ſouſtraire de ſa longueur indiquée par l'Echelle, ou lui ajouter la quantité dont le *mercure* ſe ſeroit élevé ou abaiſſé à l'entrée de la boule. 2e. *Obſt.* Les changemens de ſa baſe.

421 *n.* 3°. Ce changement dans la poſition de l'extrémité inférieure de la colonne de *mercure*, à la naiſſance de la boule, obligeroit encore à une troiſième correction, parce qu'il en réſulteroit un changement dans le volume de l'*air.* Lorſque la *force élaſtique* de l'*air* eſt augmentée par la *chaleur*, il repouſſe le *mercure* dans le tube ; & l'eſpace occupé par l'*air* devient plus grand. L'*air*, augmentant ainſi en volume, perd de ſa *force de reſſort ;* & par conſéquent il ſoulève moins de *mercure*, qu'il n'en auroit ſoulevé, s'il fût reſté ſous le même volume, & réciproquement. 3e. *Obſt.* Le changement de volume de l'*air.*

M. *Amontons* avoit reconnu cet effet des différences de volume de l'*air*, qu'il ne conſidé- M. *Amontons* y remédioit

quant à l'uniformité des Therm.

roit cependant, que comme nuisible à l'uniformité des Thermomètres. Il y remédioit à cet égard, en conservant toujours la même proportion entre les boules & les tubes. Mais cette précaution ne dispensoit pas d'une correction qui pût ramener l'indication immédiate, au changement réel de *force élastique* de l'*air*. Et à supposer que cette correction fût purement géométrique, elle exigeroit au moins, une forme constante dans le Thermomètre, & des proportions semblables entre la boule & le tube, ce qui seroit toujours un grand défaut, dans un instrument qui doit être fabriqué par gens qui en font commerce.

Mais non quant à la mesure de la *force élastique* de l'*air*.

4e. *Obst.* Les variat. du *poids de l'Atmosphère.*

421 *o*. 4°. L'indication immédiate de ce Thermomètre, doit être aussi corrigée, à cause de l'effet qu'y produit le poids le l'Atmosphère. Par conséquent il devroit être toujours accompagné d'un Baromètre, pour savoir de combien le poids de l'*air* extèrieur différeroit de celui sur lequel on auroit compté en faisant son Echelle. Et cette correction ne seroit pas bien simple; car on va voir que l'*air* acquiert plus ou moins de *force élastique*, par la même augmentation de *chaleur*; suivant qu'il est plus ou moins chargé.

Les chang. de *force élast.* de l'*air* par la *chal.* sont proport. au *poids* dont il est chargé.

421 *p*. 5°. Le changement continuel qui arriveroit dans la *faculté* de l'*air*, d'éprouver des variations dans sa *force élastique* par les variations de la *chaleur*, obligeroit à une 5me. correction, bien plus difficile que les précédentes. M. *Amontons* a trouvé (*a*), que cette *faculté* de

(*a*) Voyez le *Mémoire* déjà cité.

l'*air* étoit proportionnelle au *poids* dont il étoit chargé: &, par exemple, que l'augmentation du *poids* qu'il pouvoit ſoutenir, en paſſant de la température des caves de l'*Obſervatoire de Paris* à celle de l'*eau bouillante*, étoit d'environ ⅓ du *poids* qu'il ſoutenoit dans cette prémière température, quel que fût ce poids.

421 *q*. Or il eſt aiſé de voir, que cette proprieté fait changer continuellement l'état de l'*air* dans ce Thermomètre, puiſque le *poids* dont il y eſt chargé, varie continuellement. Ainſi, par exemple, l'*air* chargé du *poids* d'une colonne de *mercure* de 27 pouces, & du *poids* de l'*air* extérieur, égal à une ſemblable colonne, dans une certaine température, a la faculté de recevoir un certain accroîſſement dans ſa *force élaſtique*, par un premier *dégré* d'augmentation de la chaleur. Mais auſſitôt aprés ce premier accroîſſement, la *faculté* d'en recevoir de nouveaux augmente; parce que le *poids* dont il eſt chargé augmente, par l'allongement de la colonne de *mercure*. Par conſéquent, ſi un premier *dégré* d'augmentation de la *chaleur*, a donné à l'*air* renfermé la force de ſoutenir une colonne de *mercure* plus grande d'un pouce que n'étoit la précédente, un ſecond *dégré* égal à l'autre (lors même qu'il augmenteroit également la *force élaſtique* d'un air toujours également chargé) n'augmentera pas d'une même quantité la *force élaſtique* de l'*air* du Thermomètre. Ce ſecond *dégré* ſera allonger de plus d'un pouce la colonne ſoutenue. Ainſi les dégrés de l'Echelle de ce

5e. *Obſ.* Les chang. de *poids* de la colonne de *mercure*.

Thermomètre devroient aller en croîſſant de bas en haut, pour qu'ils exprimaſſent des augmentations égales dans la *force élaſtique* d'un *air* toujours également *chargé*. Mais comment déterminer la loi de cet accroîſſement? Comment ſurtout la combiner avec l'effet des changemens de poids de l'Atmoſphère? Je n'oſerois décider ſans des expériences, ſi c'eſt-là un problème de pure géomètrie : & ces expériences ſeroient ſûrement très-délicates.

Ces obſtacles s'oppoſent au moins à ce que ce Ther. puiſſe ſervir généralement.

421 r. Voilà donc cinq corrections diſtinctes qu'exigeroit ce Thermomètre, pour qu'on pût y démêler *des augmentations égales de reſſort d'un air également chargé*. Il eſt vrai que pluſieurs de ces corrections tendent à ſe compenſer : peut-être même s'en trouveroit-il de proportionnelles aux variations de la *force élaſtique* de l'*air :* on pourroit encore faciliter quelques-unes de ces corrections, en ſubſtituant un cylindre à la boule de M. *Amontons*. Cependant on ſeroit toujours obligé de les déterminer chacune à part. Et ſi cette détermination étoit poſſible pour un Phyſicien adroit & patient, il pourroit bien nous donner par-là une idée juſte des variations de la *force élaſtique* de l'*air* ; mais il ne nous fourniroit pas un Thermomètre à la portée de la plupart de ceux qui doivent en pourvoir le Public : & c'eſt cependant ce que nous devons chercher.

6e. *Obſt.* La différence

421 s. Mais quand enfin on parviendroit à ſurmonter ces obſtacles, il en reſteroit encore un

un autre, que M. l'*Abbé Nollet* a déja indiqué (*a*), & que je crois insurmontable : obstacle par lequel les expériences faites sur un de ces Thermomètres, ne seroient point applicables à tous. On sait que l'*air* ne reçoit les mêmes accroîssemens dans sa *force élastique*, par les mêmes augmentations de la *chaleur*, que lorsqu'il est également *pur*; que les *vapeurs* dont il peut être plus ou moins mêlé se condensent ou se dilatent suivant le dégré de la *chaleur*; & que lorsqu'elles sont dilatées, elles ont une force expansive très-différente de celle de l'*air pur*. Or il seroit presqu'impossible d'obtenir cette égale *pureté*, ni un dégré de *pureté* permanent, dans l'*air* qu'on renfermeroit pour le soumettre à ces expériences. d'effet de la *chal.* sur l'*air* différemment *pur*.

421 *t*. Le Thermomètre de M. *Amontons*, celui d'entre les Thermomètres d'*air* qui étoit sujet à moins de difficultés, en renfermoit donc encore un trop grand nombre pour qu'il put devenir le *Thermomètre commun*. Ces difficultés peuvent être rangées sous trois classes. Les unes le rendoient impropre à l'usage ordinaire : les autres s'opposoient à ce qu'il nous montrât la *marche* de l'*air* dans ses dilatations par la *chaleur* : d'autres enfin ne permettoient pas d'espérer, que l'on pût avoir par ce moyen des Thermomètres uniformes. Effets généraux de ces obstacles.

421 *u*. Cependant il étoit fort utile, indépendamment du Thermomètre, de connoître la *marche* de l'*air* par la *chaleur* : & dans ce Recherches sur la *marche* de l'*air* par la *chaleur*.

(*a*) *Leçons de Physique Expérimentale*, troisième édition, Tom.   pag.

dessein, j'ai fait un grand nombre d'expériences pour chercher son rapport avec celle du *mercure* (III[me]. Part. Chap. III). Il résulte de ces expériences, que les *marches* de ces deux fluides s'écartent peu d'être proportionnelles; mais je n'ai pu découvrir, ni si elles le sont absolument, ni même si les condensations de l'*air* suivent une marche *croîssante* ou *décroîssante*, comparativement à celles du *mercure*.

M. *Amontons* la croyoit semblable à celle de l'*esprit de-vin*.

M. *Amontons* a trouvé, que ses Thermomètres d'*air* s'accordoient avec ceux d'*esprit-de-vin* (*a*), ce qui semble indiquer que les *condensations* de l'*air*, comme celles de l'*esprit-de-vin*, suivent une marche *décroîssante*, comparativement à celles du *mercure*. Mais je crois plutôt, que cette observation de M. *Amontons*, prouve immédiatement la conséquence générale que j'ai tirée de l'examen de son Thermomètre; savoir, qu'il n'a pu y démêler la vraie *marche* de l'*air*. J'ai montré des causes qui doivent faire suivre aux *condensations* de l'*esprit-de-vin* une marche *décroîssante*, par des *diminutions* de la *chaleur* qui sont *égales* entr'elles. J'ai fait voir que l'une de ces causes ne se trouve pas dans le *mercure*; il ne se dilate pas lorsqu'il se gèle (415 *m*): & que l'autre y agit beaucoup moins que dans l'*esprit-de-vin*, il se vaporise & bout plus tard (417 *d* & *e*): j'ai montré en même tems, que les *condensations* de ce dernier liquide suivent

Nouvelle considération contre l'exactitude de son Thermomètre.

(*a*) *Mém. de l'Académie Royale des Sciences*, année 1703.

une marche *décroîssante* comparativement à celles du premier (418 *m*). Or l'*air* n'est sujet ni à se geler, ni à se vaporiser & bouillir, & par conséquent, il paroît devoir s'écarter plus de la *marche* de l'*esprit-de-vin*, que le *mercure* même.

La *marche* de l'*air* devroit s'écarter de celle de l'*esprit-de-vin* plus que celle du *mercure* même.

421 *v*. Je sens bien cependant, que l'*air* étant un *fluide élastique*, on peut se tromper en lui appliquant les résultats des expériences faites sur les *liquides ;* & je ne fais point dépendre l'exactitude de ces résultats, de celle de la conséquence que j'en tire relativement à l'*air*. Car si l'expérience venoit à prouver, que les *condensations* du *mercure* suivent une marche *croîssante*, comparativement à celles de l'*air*, comme l'indiqueroit l'expérience de M. *Amontons*, je ne balancerois pas à croire, que ce sont les *condensations* du *mercure* qui approchent le plus d'être proportionnelles aux *diminutions* de la *chaleur*.

Cette conséquence n'est cependant pas rigoureuse.

421 *x*. Plus j'ai étudié cette matière, plus j'ai eu lieu de me persuader que, quoique les *condensations* du *mercure* suivent une marche *croîssante*, comparativement à celles de tous les autres *liquides* soumis à ces expériences, elles sont encore *décroîssantes*, plutôt que *croîssantes*, comparativement à des *diminutions* de la *chaleur* qui sont *égales* entr'elles. J'en vois déja une cause, en ce que le *mercure* peut être *vaporisé* par la *chaleur* (417 *e*) ; mais je le conclurois aussi d'une réflexion générale, par laquelle je vais terminer celles que je me proposois de présenter sur cet objet.

Les *condens.* du *mercure* ne peuvent être *croîssantes*, comparativement aux *diminutions* de la *chaleur*.

421 *y*. De toutes les conjectures qu'on peut

Les condens.

des corps ne pouvent ſuivre une marche *croîſſante* par des *diminutions égales* de la *chaleur.*

former ſur la manière dont la *chaleur* change le volume des corps, il n'en eſt aucune qui nous porte à juger que leurs *condenſations* doivent ſuivre une marche *croîſſante*, lorſqu'elles ſont produites par des *diminutions* de la *chaleur* qui reſtent *égales* entr'elles : & au contraire, dans la plupart de ces hypothèſes, il ſemble que les *condenſations* devroient ſuivre une marche *décroîſſante*. Car, plus les intervalles décroîſſent entre les parties intégrantes d'un corps, moins il y a lieu à de nouveaux rapprochemens : plus il y a déjà de points par leſquels ces parties ſe touchent, moins il eſt facile qu'il ſe forme de nouveaux points de contact: plus il entreroit de particules *ſalines* ou *frigorifiques* dans un liquide, moins ſon volume pourroit diminuer : plus les parties intégrantes d'un liquide auroient déja perdu de mouvement, moins leurs pertes ſucceſſives de mouvement pourroient aller en croîſſant. Ou enfin, ſi le rapprochement des particules d'un liquide procède immédiatement de ce que le *fluide igné* ſort de ſes interſtices, il n'y a point de raiſon de croire que les rapprochemens, ou les *condenſations*, puiſſent aller en *augmentant*, lorſqu'elles procèdent d'émigrations *égales* du *fluide igné*. Il eſt donc abſolument improbable que les *condenſations* d'un liquide puiſſent ſuivre une marche *croîſſante*, tant que les diminutions de la *chaleur* qui les produiſent ſont *égales* entr'elles.

Objection tirée de la condenſation ſubite de l'*huile*

421 z. On m'objectera peut-être cette *condenſation* extraordinaire qui ſe fit dans l'*huile d'olive*, lorſque je la mis dans de la glace mêlée de ſel

(414 *q*). Mais je ne parle que des *condensations* qui se succèdent régulièrement, par une diminution continuelle de la chaleur; & non de *condensations* qui se firent, tandis même que la chaleur alloit en augmentant; & qui parconséquent ne pouvoient qu'être produites par une cause particulière. J'ai déjà dit mon idée sur cette cause; c'est probablement une plus forte attraction des particules de l'*huile d'olive* par certains points, lorsqu'elles commencent à se toucher. Les particules de l'*huile* prennent alors entr'elles un nouvel arrangement, par lequel elles occupent moins d'espace; & dans ce moment, l'*huile* cesse d'être liquide. Par conséquent on ne voit là qu'une exception: & il me paroît toujours vrai, dans la thèse générale, que les *condensations* d'un corps qui ne change pas d'état, d'un liquide; par exemple, qui demeure liquide, ne peuvent suivre une marche *croîssante*, tandis que les *diminutions* correspondantes de la *chaleur* sont *égales* entr'elles. *d'olive*, quand elle se gele. Réponse.

Concluons donc; que *le liquide dont les condensations suivent une marche croîssante, comparativement à celles de tous les autres liquides, est très-probablement celui dont les différences de volume approchent le plus d'être proportionnelles aux différences de la chaleur*. Or, jusqu'à présent, ce liquide est le *mercure*. Conclusion générale sur le choix d'un *liquide* pour *mesurer* la *chaleur*. Le *mercure* doit avoir la préférence.



***PREUVE** directe que le mercure est, de tous les liquides employés jusqu'à présent au Thermomètre, celui qui mesure le plus exactement les* différences *de la* chaleur, *par les* différences *de son* volume.

Scrupule sur la *conclusion générale* qui précède.

422 *a*. Mes remarques précédentes sur les différentes *marches* des *liquides* étoient déjà sous presse, sans qu'il me fût venu aucun scrupule sur la proposition par laquelle je les termine. Mais en relisant cette feuille pour la donner à l'imprimeur, j'ai eu quelque crainte qu'on ne trouvât, que je généralisois trop les résultats de quelques expériences particulières: & comme, en même tems, cette conclusion générale m'a paru très-intéressante, j'ai souhaité vivement de pouvoir la soumettre à quelque espèce de vérification immédiate.

Utilité d'une vérification immédiate.

Projet de M. *le Sage* pour la graduation du Thermomètre.

422 *b*. Je me suis rappelé, à cette occasion, le projet d'expériences de M. *Le Sage*, dont j'ai parlé au commencement de ce Chapitre (411 *a. note*). Ce Physicien, aussi ingénieux que profond, a imaginé de diviser le Thermomètre, non en dégrés d'égale étendue sur le tube, comme on l'a fait jusqu'ici; mais en dégrés *tels* que les produiroient des *différences* de la chaleur égales entr'elles, obtenues par certains mélanges d'eau (ou d'autre liquide) de différentes températures. On voit bien que, dans un tel Thermomètre, la loi que suivroient les étendues de ses *dégrés*, seroit celle des différences que le liquide dont il seroit fait éprouveroit dans son volume, par des diffé-

Il renferme le moyen de faire cette vérification.

rences de la chaleur égales entr'elles : & que par conſéquent ces expériences ſe trouvent renfermer en même tems un moyen de découvrir immédiatement, quel eſt le liquide dont les différences de volume approchent le plus d'être proportionnelles aux différences de la chaleur.

422 *c.* Cette recherche n'entroit pas eſſentiellement dans mon plan, lorſque je ſongeai à écrire ſur le Thermomètre. Je voulois montrer ſeulement l'importance de n'y employer qu'un ſeul liquide, & la convenance de choiſir le mercure (410 *c*, 411); & j'avois aſſez de matériaux pour ſatisfaire à ces deux objets. Je craignois auſſi, comme on l'a vu, lorſque j'ai parlé pour la première fois du projet de M. *Le Sage*, que l'exécution n'en fût très-difficile: & je ſerois reſté dans les limites de mon premier plan, ſi je n'avois entrevu un moyen de tirer de ces expériences des preuves pour ou contre mon ſyſtême, ſans beaucoup d'appareil. Addition au premier plan de ce Chapitre.

Cette découverte m'a déterminé. Quelque raiſon que j'euſſe de hâter l'impreſſion de mon Ouvrage, je l'ai ſuſpendue pour tenter ces expériences; & j'en ai été dédommagé par le plus heureux ſuccès. J'aurois été content de trouver la vérité, quelle qu'elle fût; & je l'ai trouvée, telle que je l'avois conjecturée.

422 *d.* L'idée de M. *Le Sage*, dont je viens de parler, ne paroîtra pas nouvelle au premier coup-d'œil; parce qu'on a déja parlé plus d'une fois, en vue du Thermomètre, *de mélanges* d'eau à différentes températures. J'ai Projet de *Renaldini* qui ſemble être le même que celui de M. *le Sage*.

vu, par exemple, que *Renaldini*, Profeſſeur à *Padoue*, avoit propoſé autrefois de graduer le Thermomètre d'*eſprit-de-vin* par de ſemblables *mélanges*. Il vouloit, qu'après avoir marqué ſur le tube de ce Thermomètre, le point où l'*eſprit-de-vin* s'arrêteroit quand il ſeroit environné de *glace*, on le plongeât ſucceſſivement dans 12 vâſes différens, dont le premier contiendroit 11 parties d'eau *froide* (*aqua gelida*) mêlées d'une partie d'*eau bouillante*; le 2[d]. 10 parties de la première & 2 parties de la ſeconde; le 3[me]. 9 parties de la première & 3 parties de la ſeconde; & ainſi de ſuite, juſqu'au dernier vâſe qui ne contiendroit que de l'*eau bouillante*; & qu'on marquât ſur le tube, les points où l'*eſprit-de-vin* s'arrêteroit: ce qui formeroit toute l'échelle du Thermomètre.

Cité par *Bilfinguer* & par *Wolff.*

422 *e*. Ce fut en 1761 que j'eus la première connoiſſance de ce projet de *Renaldini*, je le vis indiqué dans les *Elemens de Phyſique* de M. *G.B. Bilfinguer*, imprimés à *Leipiſick* en 1742. Sur cette indication, je crus que l'idée de *Renaldini* approchoit beaucoup de celle de M. *Le Sage*, qui me l'avoit communiquée depuis long-tems: il le crut auſſi, lorſque je la lui fis voir dans l'ouvrage de M. *Bilfinguer*, qu'il ne connoiſſoit pas encore: il me l'a montrée lui-même enſuite, dans l'*Aërométrie* de *Wolff*, qui la rapporte préciſément ſous le même point de vue que l'a fait depuis M. *Bilfinguer*.

Vue de *Renaldini* très-

422 *f*. Cette apparence de conformité, qui m'étoit reſtée dans l'*eſprit*, m'a engagé, lorſ-

que je me ſuis occupé de ces expériences, à chercher dans les ouvrages mêmes de *Renaldini*, quelles avoient été ſes vues ; & je les ai trouvées abſolument différentes de ce que j'avois imaginé. Il vouloit ſimplement remèdier par ce moyen, à l'effet de l'air qu'on laiſſoit alors dans le tube du Thermomètre en le ſcellant ; cet air, réſiſtant de plus en plus à l'aſcenſion de la liqueur à meſure qu'elle ſe dilatoit, devoit, ſelon lui, rendre ſenſiblement décroîſſans les eſpaces que parcouroit la liqueur dans ſon tube, par des augmentations de la chaleur égales entr'elles.

différente celle de M. *le Sage*.

Il vouloit ſeulement remédier à la réſiſtance de l'*air* laiſſé dans le tube du Thermomètre.

422 *g*. *Renaldini* exprime lui-même ce but unique. Après quoi, conſidérant le tube du Thermomètre comme vuide d'*air*, il aſſûre qu'alors l'*eſprit-de-vin* parcouroit des eſpaces égaux, par des augmentions de la chaleur égales entr'elles ; & qu'ainſi, après avoir marqué ſur le tube l'eſpace qu'auroit parcouru l'*eſprit-de-vin* par l'addition d'une partie d'eau *bouillante* à 11 parties d'eau *froide*, il ſuffiroit de marquer le long du tube 11 eſpaces égaux à ce premier, pour *diviſer la chaleur de l'eau bouillante* en 12 parties *égales* (*a*).

Preuve.

(*a*) « At ſi fiſtula, *dit-il*, omni aere vacua foret, » atque adeò aſcendenti ſpiritui aer nullus reſiſteret, ad » hoc abſolvendum opus, ſatis quidem eſſet òbſervare » primum aſcenſum.... Hoc enim obſervato, ſignari » poſſint ſingulæ partes æquales ipſi.... Tunc enim aſ- » cenſus ſinguli forent æquales, prout ſingulæ ferventis » aquæ menſuræ ſunt æquales ». CAROLI RENALDINI... *Naturalis Philoſophia*, in-folio, Tome III, page 276, *Patavii*, 1694.

Erreurs de *Renaldini* sur ce point.

422 *h.* C'étoit-là une erreur bien grande, non-seulement sur la *marche* de l'*esprit-de-vin*; mais encore sur la chaleur elle-même. Cet Auteur prétendoit ainsi, & l'exprimoit positivement, que son Thermomètre devoit servir à comparer entr'elles des quantités *absolues* de chaleur; c'est-à-dire, que la chaleur de 2, 3, 4, &c. *dégrés* d'un Thermomètre construit de cette manière, seroit *double*, *triple*, *quadruple* &c. de celle du premier *dégré* (*a*). Comme si l'eau qu'il appele *gelida*, n'avoit aucune chaleur; & qu'il eût prouvé, que l'*esprit-de-vin* se dilate proportionnellement à l'augmentation de la chaleur. Mais on ne doit pas être surpris que *Renaldini* tombât, en 1694, dans des erreurs que bien des Physiciens ont faites dès-lors; & c'étoit beaucoup dans ce tems-là, que d'avoir imaginé de donner des termes fixes au Thermomètre.

Autres projets différens de ceux de *Renaldini* & de M. *le Sage.*

422 *i.* Depuis *Renaldini*, quelques Physiciens ont exécuté de ces mélanges d'eau de différente température; mais dans un but très-différent, & du sien, & de celui de M. *Le Sage*. Ces deux derniers ont en commun, de tendre à la perfection du Thermomètre, quoique bien différemment : au-lieu que les Physiciens dont je parle, regardant le Thermomètre comme

(*a*) « Hujus Thermometri, *dit-il*, hic usus erit: si » nos simus alicubì, ubì aer tantùm caloris habet, ut » vini spiritus in instrumenti collo ascendat ad secundum » asteriscum, alibì verò ad tertium; dicimus calorem » aeris in secundo loco ad calorem ejusdem in primo » rationem habere ut 3 ad 2, & sic de reliquis, (page » 275) ».

une mesure exacte de la chaleur, cherchoient seulement, quelle étoit la chaleur qui résultoit de ces mélanges.

Erreur de *Boerhaave* sur la chaleur résultante des mélanges d'eaux de différentes températures.

422 *k.* C'est ainsi que *Boerhave* (*a*), par une erreur qui a surpris tous ceux qui l'ont remarquée, a cru voir dans ses expériences, que lorsqu'on mêloit parties égales d'*eau* de différentes températures, exprimées en dégrés du Thermomètre de *Fahrenkeit*, la chaleur du *mélange* étoit exprimée en dégrés de ce même Thermomètre, par la moitié de l'excès de chaleur de l'*eau* la plus chaude sur l'*eau* la moins chaude; que par exemple, en mêlant parties égales d'*eau* près de geler, qui est à 32 au-dessus de *zéro* dans ce Thermomètre, & d'*eau bouillante*, qui est à 212; la chaleur du *mélange* étoit $\frac{212 - 32}{2} = 90$. Tellement que, selon lui, la *chaleur commune*; c'est-à-dire une quantité de chaleur égale à celle de l'eau la moins chaude, *périssoit* dans le *mélange*: ce qu'il trouvoit *très-difficile à concevoir*; mais qui est une erreur très-difficile à excuser.

Expériences de *Krafft* sur de pareils mélanges.

422. *l.* *M. Krafft* ayant fait les mêmes expériences, trouva des résultats plus conformes au vrai. Cependant son Thermomètre s'étant toujours tenu plus bas qu'il n'auroit dû se tenir, en supposant que toute la chaleur des masses d'*eau* mêlées ensemble se conservoit & se distribuoit également dans la nouvelle masse, il se contenta d'imaginer une formule qui satisfît à

(*a*) P. I. *Chymiæ*, exper. XX. *de igne.*

cette différence, & ne suspectât point son Thermomètre (*a*). M. *Richmann* (*b*), examinant les expériences de M. *Krafft*, crut voir qu'il avoit fait erreur, en comptant pour rien la chaleur particulière du vâse où étoit fait le *mélange*, & même celle du Thermomètre; & que c'étoit la raison de ce qu'il avoit été obligé de charger la formule, qui suppose une entière conservation & une égale distribution de la chaleur, dans les *mélanges* d'eau à différentes températures. Il répéta donc les mêmes expériences, en y introduisant ces deux conditions, & son Thermomètre se tint encore un peu trop bas pour répondre au calcul. Cependant il ne suspecta point non plus la marche du Thermomètre; & il attribua cette différence, au refroidissement occasionné par le contact de l'*air* extérieur, pendant la durée de l'opération. Il conclut donc de ses expériences, que la chaleur d'un *mélange* d'eau de différentes températures fait dans un vâse dont on connoissoit la chaleur & le poids, étoit la somme des produits des chaleurs des composans par leurs masses, divisée par la somme des masses, & que le Thermomètre l'indiquoit ainsi, en tenant compte de l'effet du contact de l'air.

Semblables expérien. de *Richmann*.

422 *m*. Si nous pouvions compter sur l'exactitude des expériences de M. *Richmann*, il ne nous resteroit rien à desirer dans le Thermo-

Suivant le résultat de ces exp., les *dégrés égaux* du Ther. de *mercure* exprimeroient des *quantités de chaleur égales entr'elles*.

(*a*) Je n'ai vu les expériences de M. *Krafft* que dans le Mémoire de M. *Richmann* dont je vais parler.

(*b*) *Nov. Comment. Acad. Petropol.*, Tome I, page 152 à 173.

mètre, car ses dégrés exprimeroient réellement des parties égales de la chaleur; & c'est tout ce que nous pouvons en attendre (411). Supposons, par exemple, deux masses égales d'*eau*; dans l'une desquelles le Thermomètre de *Fahrenheit*, qu'emploioit M. *Richmann*, se tiendroit à 40, & dans l'autre à 80. Si chacune des ces masses n'avoit que la chaleur exprimée par 40, leur *mélange* n'y changeroit rien; le Thermomètre s'y tiendroit encore à 40; mais l'une des masses auroit un surplus de chaleur de 40 dégrés, & par le *mélange* ce surplus, se distribuant dans une masse double, diminueroit de moitié dans toutes les parties de la nouvelle masse, dont la chaleur seroit donc sur le Thermomètre $40 + \frac{40}{2} = 60$. Or la formule de M. *Richmann* donne le même résultat; car $\frac{40 \times 1 + 80 \times 1}{1 + 1} = 60$. Si donc l'indication du Thermomètre répondoit à cette formule, comme le prétend M. *Richmann*, ses dégrés égaux exprimeroient réellement des quantités égales de chaleur, ajoutées à la quantité constante qui correspond au *zéro* de l'Echelle.

422 *n*. Mais le Thermomètre qu'employoit M. *Richmann* étoit de *mercure*: & M. l'Abbé *Nollet* a trouvé le même résultat avec un Thermomètre d'*esprit-de-vin* (*a*). Or les *marches* du

Mais M. l'*Abbé Nollet* a trouvé les mêmes résultats avec le Ther. d'*esprit-de-vin*, qui ne suit pas le Ther. de *mercure*.

(*a*) *Leçons de Physique Expérimentale*, troisième édition, Tome IV, page 512.

mercure & de l'*esprit-de-vin* sont très différentes; & par conséquent si l'une des deux est d'accord avec la chaleur, l'autre doit s'en écarter beaucoup. Je comprends comment ces Messieurs ont pu se tromper. Dans les expériences de M. *Richmann*, les masses d'eau étoient trop petites pour qu'il pût avoir des résultats sûrs; & dans celles de M. l'Abbé *Nollet*, outre cette même cause d'erreur, les différences de températures n'étoient pas assez grandes, pour produire un écart sensible, entre l'indication du Thermomètre & la chaleur réelle; cet écart, dans tous les liquides que j'ai éprouvés, décroîssant plus rapidement que la différence des températures (422 *ss note.*)

Esquisse du projet de M. *le Sage* pour *graduer le Ther.* par des *mélanges* d'eau de différentes températures.

422 *o*. C'est précisément la disparité des *marches* de l'*esprit-de-vin* & du *mercure*, qui, montrant certainement que l'une ou l'autre n'est pas d'accord avec la chaleur, les avoit rendu suspectes l'une & l'autre à M. *le Sage*. S'occupant de cette matière, il imagina son projet de graduation du Thermomètre, qui est indépendant de la *marche* des liquides. Il consiste, comme je l'ai dit, à faire un certain nombre de *mélanges* d'eau (ou de quelqu'autre liquide) de deux différentes températures, dans des proportions convenables, & avec des précautions, propres à conserver au *mélange* toute la chaleur des composans, ainsi qu'à le garantir d'addition. L'*excès* de chaleur de l'une des masses sur l'autre, se distribue également dans la masse totale : voilà le principe; le reste dépand de calculs très simples. On comprend, par exemple, que ces mélanges pour-

roient être faits en telles proportions, que la chaleur du second *différeroit* de celle du premier, d'autant que celle du troisième *différeroit* de celle du second : & ainsi de suite. Les points où se tiendroit, dans de tels *mélanges* successifs, un Thermomètre de quelque liquide qu'il fût fait, détermineroient la grandeur tant absolue que relative de ses *dégrés* : & quelqu'*inégales* que pussent être les *étendues* qu'occuperoient ces *dégrés* sur le tube, ils exprimeroient toujours des *différences égales* de chaleur. C'est pourquoi, comme je l'ai dit (411 *note*), M. *le Sage* appelle *équidifférentiel*, le Thermomètre qui seroit gradué de cette manière. Il suffiroit d'en construire un seul ; car il serviroit ensuite de modèle, non seulement à ceux qui seroient faits du même liquide, mais encore à tous ceux qu'on feroit d'autres liquides, dont on connoîtroit la *marche*, relativement à celle de ce premier.

Appliqué à découvrir dans quel sens la *marche du mercure* s'écarte de celle de la *chaleur.*

422 *p.* M. *le Sage* pourvoit à tout dans son projet. Mais sa santé & ses autres occupations, l'ont empêché de mettre la main à l'œuvre ; & les mêmes raisons de ma part ne m'ont pas permis de suivre un plan si étendu. Je ne me suis donc pas proposé d'abord le même but que M. *le Sage*, dans les expériences que je viens de faire ; je voulois seulement découvrir par leur moyen, si les condensations du *mercure* suivoient une marche *croîssante* ou *décroîssante*, comparativement à la chaleur. Cependant elles m'ont conduit plus loin, comme on le verra dans le détail que je vais en donner.

Différence

422 *q.* Dans le projet de M. *le Sage*, la prin-

dans la facilité de l'exécution, résultant de la différence des vues.

cipale difficulté consiste à garantir de perte ou d'acquisition de chaleur, le *mélange* fait de certaines quantités d'un même liquide, de différentes températures. Et pour mon but, il suffisoit de savoir certainement, si ce *mélange* avoit perdu, ou acquis, de la chaleur; pouvant d'ailleurs aisément rendre ces différences fort petites.

1e. Expér. Par le mélange de parties égales d'eau à différentes températures.

Chaleur d'une certaine masse d'eau exprimée en dégrés du Therm. de mercure.

422 r. *Première expérience.* J'ai rempli d'*eau*, un vâse qui en contenoit environ 15 *livres* poids de marc; & j'ai vuidé cette eau dans un autre vâse capable d'en contenir une quantité double, sans être plein. L'*eau*, ainsi que ce dernier vâse, étoit à la température de la chambre: un Thermomètre de *mercure*, divisé en 80 parties entre les points correspondans à *la glace qui fond* & à l'*eau bouillante*, se tenoit exactement à 6 dans cette *eau*, & n'a point varié jusqu'au moment de l'expérience.

L'eau bouillante ne peut être employée à ces mélanges.

On a pu se tromper en l'employant.

422 s. J'aurois voulu pouvoir mêler de l'*eau bouillante* à cette prémière dose, pour avoir une plus grande différence de température. Mais l'*eau bouillante* ne peut être mesurée ni pesée. Lorsqu'on la retire de dessus le feu & qu'elle cesse de *bouillir*, elle a déja perdu sensiblement de sa chaleur. C'est une attention qu'on ne paroît pas avoir faite dans quelques-unes des expériences que j'ai rapportées, & où il est parlé d'*eau bouillante.* Il seroit difficile même de mesurer de l'eau près de bouillir, & de s'assurer en même tems de sa température, car elle se *refroidit* très-rapidement; & l'on ne vuide pas promptement un vâse exactement plein d'*eau*, sans risque d'en répandre. Voici donc

donc comment je m'y suis pris pour m'assurer de la quantité de mon eau *chaude*.

422 *t*. J'ai mis sur le feu une mesure d'eau égale à la première, & prise à la même température : le vâse qui la contenoit étoit couvert, pour empêcher l'évaporation, le plus qu'il seroit possible. J'ai fait chauffer cette eau jusqu'à ce qu'elle ait été près de bouillir : je l'ai retirée alors de dessus le feu ; je l'ai remuée fortement ; & j'y ai plongé mon Thermomètre : il est monté au dessus d'un fil qui marquoit sur son tube le 75me. *dégré*. A l'instant où, en redescendant, il a atteint ce fil, j'ai vuidé cette eau dans le vâse qui contenoit celle de 6 *dégrés* ; j'ai fortement agité le *mélange* ; j'y ai plongé mon Thermomètre ; & dès qu'il a été fixé, j'ai ramené au point où il se tenoit, un fil que j'avois placé d'avance sur le tube aux environs de ce point.

Chaleur d'une *masse* d'eau égale à la première, mais plus chaude.

Mélange fait de deux *masses*.

Immersion du Ther. de *mercure* dans ce *mélange*.

422 *u*. Considérons d'abord quelle devoit être la chaleur *réelle* de ce mélange. Il avoit 1°. une quantité de chaleur commune aux deux *mesures* d'eau mêlées ensemble, inconnue quant à son intensité, mais déterminée sur le Thermomètre, dont elle est le *zéro* : savoir la chaleur de *la glace qui fond* : j'appellerai z cette première quantité. 2°. une autre quantité, commune encore aux deux *mesures*, savoir l'excès de chaleur de l'eau la moins chaude, sur *la glace qui fond*, exprimée sur mon Thermomètre par 6 *dégrés* au dessus de *zéro*. 3°. *La moitié* de l'excès de chaleur de l'eau la plus chaude, sur l'eau la moins chaude ; cet excès s'étant distribué

Détermination de la *chaleur réelle* que devoit avoir le *mélange*, exprimée en degrés de ce Thermom.

dans une masse *double*, il est exprimé sur le Thermomètre par 75 — 6 = 69. Ainsi la chaleur *réelle* du *mélange* étoit la somme de ces trois quantités-là. On verra bientôt pourquoi je les ai distinguées.

Formule générale qui exprime la *chaleur réelle* de ces *mélanges*.

422.x. On peut exprimer par une formule générale la chaleur *réelle* résultante du *mélange* de deux masses d'eau de différentes températures. Soit *a* l'excès de chaleur de l'eau *la moins chaude* sur la quantité *z*; *b* l'excès de chaleur de l'eau *la plus chaude* sur la même quantité & *z*; $\frac{n}{d}$ le rapport de la *masse* la *plus chaude*, avec la *masse totale*, ou le *mélange*: la chaleur du *mélange* sera $z + a + \frac{\overline{b - a} \times n}{d}$.

Application de cette *formule* au but de ces expér.

422.y. On voit par cette formule, comment j'allois à mon but par le mélange de mes deux masses égales d'eau de différentes températures. Si ces deux masses avoient eu chacune la température exprimée par 6 sur le Thermomètre, il se seroit encore tenu à 6 dans leur mélange, quelle que fût la marche du *mercure* comparativement à celle de la chaleur, puisque la *masse totale* auroit eu, comme ses moitiés, les deux premières *quantités* de chaleur que j'ai distinguées. Mais il n'en est pas de même de la troisième *quantité*; savoir l'excès de chaleur de l'eau la plus chaude sur l'eau la moins chaude. Il s'agissoit de savoir si, de même que cet excès devoit se réduire réellement à la *moitié* dans le *mélange*,

le *mercure* en passant de l'eau la plus chaude dans ce *mélange*, se condenseroit aussi de *la moitié* de la différence de 75 à 6, ou *en quel sens* il s'en écarteroit. C'est-à-dire, suivant ma formule, si le Thermomètre se tien- Chaleur *réelle* dans la 1e. expér.

droit dans le mélange à $6 + \frac{\overline{75 - 6} \times 1}{2} = 40,$

5 au dessus de *zéro*, ou s'il se tiendroit plus haut ou plus bas que ce point. Dans mon expérience, il s'est tenu à 39, 2. Indication du Therm.

422 z. J'ai fait abstraction dans ce calcul, de l'influence des causes étrangères; je vais maintenant les considérer. La première de ces causes, est le *contact de l'air* pendant le tems qui s'est employé à faire le mélange & à observer sa température. Ce tems a été de moins d'une minute, & il s'en est écoulé ensuite plus de 2, avant que j'aie pu appercevoir l'extrêmité de la colonne de mercure au-dessous du fil, très-mince, qui marquoit le point où elle s'étoit arrêtée d'abord. Ainsi l'effet de cette première cause peut être négligé. Je savois par d'autres expériences, qu'une masse de 30 *livres* d'eau, dont la température ne diffère que d'environ 30 *dégrés* de celle de l'air extérieur, se refroidit très-lentement.

Causes étrangères qui ont influé dans cette expér.

1o. Le contact de l'air.

L'effet de cette cause a été insensible.

422. *aa.* Mais voici deux autres causes de *refroidissement*, qui ne peuvent être négligées. La première est l'*infusion* de l'eau la plus chaude dans l'eau la moins chaude, pendant laquelle, cette première eau, dont la température différoit de celle de l'air, de 69 *dé-*

2o. L'infusion de l'eau la plus chaude dans celle qui l'étoit le moins.

grés, lui a présenté une très-grande surface: en sorte que, quoique l'*infusion* ait été très-prompte, elle a pu occasionner une perte de chaleur, sensible sur le Thermomètre. La seconde est la *chaleur du vâse* ou j'ai fait le mélange, qui étant au même dégré que celle de l'eau la moins chaude, se trouvoit moindre d'environ 33 *dégrés*, que celle du *mélange*, & qui parconséquent a dû absorber quelque portion de cette dernière.

3o. La chaleur du vâse moindre que celle du mélange.

Projet d'expér. pour évaluer l'effet des deux dern. causes.

422 *bb*. Il m'auroit été bien difficile de déterminer immédiatement la quantité de ces deux *pertes*: mais je pouvois y parvenir avec une exactitude suffisante, en faisant inversement l'*infusion*, c'est-à-dire, en versant l'eau la moins chaude, dans le vâse qui contiendroit l'eau la plus chaude. C'étoit d'abord me mettre sûrement à l'abri de l'une des deux causes d'erreur: car l'eau la moins chaude, étant à la température de l'air, ne pouvoit perdre ni gagner de la chaleur, en le traversant pour passer d'un vâse à l'autre: & la seconde cause devoit agir en sens contraire, puisque le vâse dans lequel se feroit le mélange, auroit en *excès* de chaleur, ce que le vâse de la première expérience avoit eu en *défaut*, comparativement au *mélange*.

2e. Expér. Le *mélange* fait dans le vâse qui contenoit l'eau la plus chaude.

422. *cc*. *Seconde expérience*. L'eau à la température le l'air de la chambre, tenoit le Thermomètre à 5, 2. J'en ai mis une mesure semblable aux précédentes, dans un vâse de cuivre battu capable d'en contenir un peu plus de deux mesures sans être plein: & j'en ai tenu une autre mesure en reserve. J'ai

fait chauffer la première *mesure*, en couvrant le vâse : je l'ai retirée de dessus le feu quand elle a été assez chaude, je l'ai agitée, & à l'instant où le Thermomètre que j'y avois plongé s'est trouvé descendu à 75, j'y ai mêlé la *mesure* d'eau de 5, 2 *dégrés* : j'ai d'abord agité le *mélange*, & j'ai observé le point où le Thermomètre s'y tenoit. Cinq minutes après, on n'appercevoit qu'à peine l'extrémité de la colonne de mercure au-dessous du fil qui marquoit ce point ; de sorte que le *refroidissement* peut encore être négligé.

422 *dd.* Il ne reste donc dans cette expérience, qu'une seule cause de changement dans la chaleur moyenne des deux *mesures*, savoir *l'excès* de chaleur du vâse sur celle du *mélange* : & par cette cause, le *mélange* devoit avoir un peu *trop* de chaleur : par conséquent il devoit faire tenir le Thermomètre un peu *trop haut*. Pour se conformer à la chaleur *réelle*, il auroit dû se tenir à $5,2 + \frac{75 - 5,2}{2} = 40,1$; avec quelqu'augmentation à cause de l'*excès* de chaleur du vâse : & cependant je ne l'ai trouvé qu'à 39, 3.

Cause étrangère dans cette expér. ; contraire à celle de la premiere.

422 *ee.* Ainsi le *mercure* s'est certainement tenu *plus bas* sur son échelle, que si les *dégrés égaux* de celle-ci représentoient des *différences égales* de la chaleur : & voici ce qui en resulte relativement à ma recherche, en faisant abstraction de cette petite cause d'augmentation de chaleur, que je ne considérerai pour le présent, que comme assurant

Conséquences qui découlent de ces expérien.

ma conséquence. La chaleur *réelle* du *mélange*, étoit autant *au dessous* dè la chaleur de l'eau *la plus chaude*, qu'elle étoit *au-dessus* de la chaleur de l'eau *la moins chaude*, c'est-à-dire, que dans le *mélangé l'excès de chaleur* de l'eau *la plus chaude*, sur l'eau *la moins chaude* s'étoit réellement réduit à la *moitié*. Mais *l'excès de dilatation* du *mercure*, correspondant à cet *excès de chaleur*, a été réduit à *moins* de *la moitié*. Car cet *excès* étoit 75 — 5, 2 = 69, 8; dont la *moitiè* 34, 9: & le *mercure* a baissé de 75 — 39, 3 = 35, 7. & il n'est resté au dessus du point correspondant à la chaleur de l'eau *la moins chaude*. que de 39, 3 — 5, 2 = 34, 1. Ainsi le *mercure* après s'être condensé de 35, 7 pour la *moitié* de *l'excès* de chaleur de l'eau *la plus chaude* sur l'eau *la moins chaude*, n'avoit à se condenser que de 34, 1 pour l'autre *moitié* de cet *excès*.

Les *condens.* du *merc.* sont *décroissantes*, compar. à d'*égal. dimin.* de la *chaleur*.

Donc *les condensations du MERCURE suivent une marche DÉCROISSANTE, comparativement à des diminutions de la CHALEUR EGALES entr'elles*.

D'accord avec la conséquence déduite *à priori*.

422 *ff*. Cette expérience prouve ainsi directement la vérité de la conclusion que j'avois tirée de mes expériences précédentes: savoir, *que le liquide, dont les condensations suivent une marche croîssante, comparativement à celles de tous les autres liquides, est en même tems celui dont les différences de volume approchent le plus d'être proportionnelles aux différences de la chaleur*. Car les condensations du *mercure* (qui jusqu'à présent est ce liquide) sont encore un peu *décroîssantes*,

comparativement à des diminutions de la chaleur *égales* entr'elles. Et par conséqnent, tous les autres *liquides* éprouvés jusqu'àprésent, *s'écartent* plus que le *mercure*, de suivre la *marche de la chaleur*.

422 *gg*. J'aurois eu bien du regret, si le scrupule qui m'a fait entreprendre ces expériences, ne m'étoit venu qu'après l'impression de mon ouvrage. Car je n'aurois pu, sans elles, donner que comme *probable*, ce qui est maintenant *certain*. Ces dernières expériences, prouvent plus elles seules en faveur de la *marche* du *mercure*, que tout ce est qui déjà imprimé de ce Chapitre. Cependant je ne le supprimerai point. Je prie seulement mes Lecteurs de considérer cette partie de mon ouvrage, sous un point de vue différent de celui qu'elle présente par sa forme. Elle servoit de preuve à une proposition; elle sera maintenant l'explication d'un phénomène. On n'y auroit vu que des raisons très-fortes de croire, que le *mercure* mesuroit plus exactement la chaleur que les autres liquides; on y verra aujourd'hui pourquoi il la mesure plus exactement. Tout ce que j'ai dit dans ce premier but peut être dirigé sans effort au dernier, & me paroît propre à le remplir.

Remarque sur les recherches qui avoient conduit à cette conséquence.

422 *hh*. Cette première question, que je regardois comme la plus importante pour le Thermomètre, étant maintenant décidée, j'ai voulu voir si mes expériences ne pouvoient pas me conduire plus loin; c'est-à-dire, si je ne pourrois point en conclurre assez probablement le *rapport des variations de la chaleur*

Recherche du rapport des *variat.* de la *chaleur*, avec les *changemens de volume* du *mercure*.

avec les *changemens de volume du mercure*, & j'en ai conçu l'espérance, en remarquant le peu d'écart qu'avoient produit, dans mes deux expériences, les circonstances différentes, ou opposées, dont j'ai parlé, qui seules pouvoient nuire à leur exactitude.

Examen de la 1e. *expér.* sous ce point de vue.

422 *ii.* Dans ma première expérience, il y a eu deux causes de *diminution* de chaleur, dont les effets étoient sensibles; savoir, le passage de l'eau la plus chaude au travers de l'air, lorsque je l'ai versée dans le vâse qui contenoit l'eau la moins chaude, & où s'est fait le mélange; & la moindre chaleur de ce vâse, comparativement à celle du mélange. Dans cette expérience, le Thermomètre s'est tenu *plus bas* de 40, 5 — 39, 2 = 1, 3, qu'il ne se seroit tenu, s'il eût été d'accord avec la chaleur; mais par les causes ci-dessus, cette différence (1, 3) est *trop grande.*

Examen de la 2e. *expér.* sous le même point de vue.

422 *kk.* Dans la seconde expérience, il n'y a point eu de cause sensible de *diminution* de chaleur; au contraire, il y a eu une cause d'*augmentation;* savoir, l'*excès* de chaleur du *vâse* sur le *mélange.* Le Thermomètre s'est tenu de 40, 1 — 39, 3 = 0, 8, *plus bas*, que s'il eût suivi la marche de la chaleur; mais par la cause d'*augmentation* de chaleur, cette différence (0, 8) est *trop petite.*

Evaluation de l'effet des *causes étrangères* dans ces deux *expér.*

422 *ll.* Ainsi tout l'*écart* des deux résultats, produit par ces trois causes concourantes, n'est que de 1, 3 — 0, 8 = 0, 5; & par conséquent je ne puis me tromper essentiellement, en assignant à chacune de ces causes sa portion de ces $\frac{5}{10}$ de *dégré* qui sont l'*écart* total.

J'augmenterai donc de $\frac{2}{10}$ de *dégré*, l'indication du Thermomètre dans la première expérience, où il y a eu deux causes de *diminution* de chaleur. Cette indication sera ainsi 39, 5, & elle différera d'un *dégré* de la chaleur *réelle*. Je diminuerai au contraire de $\frac{2}{10}$ de *dégré*, l'indication du Thermomètre dans la seconde expérience, où le *vâse* étant de cuivre, a dû un peu plus *augmenter* la chaleur, que le *vâse* de la première, qui étoit de bois, ne l'a *diminué*. L'indication du Thermomètre sera donc 39, 1 ; & elle différera aussi d'un *dégré*, de la chaleur *réelle*.

422 *mm.* Réunissant ensuite ces deux expériences, pour avoir un résultat moyen, nous aurons $\frac{6 + 5,2}{2} = 5,6$, pour la chaleur de l'eau *la moins chaude*, 75, pour celle de l'eau *la plus chaude*, qui étoit au même dégré dans les deux expériences ; $\frac{39,5 + 39,1}{2} = 39,3$ pour l'indication du Thermomètre dans le *mélange*, & $\frac{40,5 + 40,1}{2} = 40,3$ pour le point où il se feroit tenu, si ses dégrés exprimoient des parties égales de la chaleur ; c'est-à-dire, qu'en mêlant ces masses égales d'eau, de 5, 6 & 75 sur le Thermomètre de *mercure* ; ce Thermomètre ne se tient dans le mélange qu'à 39, 3, au lieu qu'il s'y tiendroit à 40, si ses *dégrés* exprimoient des parties égales de la chaleur.

Combinaison des deux résultats.

Détermination de l'*écart moyen entre l'indication du Therm.* & la *chaleur réelle.*

Difficulté de ſuivre cette recherche par la même route.

422 *nn.* Si j'avois pu mêler enſemble des maſſes égales d'eau, à des températures correſpondantes aux deux extrémités de l'échelle fondamentale du Thermomètre, j'aurois eu immédiatement l'indication du Thermomètre à la *chaleur moyenne* entre ces deux points; & par quelques autres mélanges d'eau à ces deux températures, dans des proportions différentes, j'aurois eu d'autres points correſpondans de mon *Thermomètre* & de la chaleur, qui m'auroient conduit à la loi que ſuivent les *condenſations du mercure*, par des *diminutions de la chaleur égales entr'elles.* Mais je l'ai dit, l'*eau bouillante* ne peut être meſurée ni peſée (422 *s.*), & l'eau meſurée ou peſée d'avance ne peut s'échauffer juſqu'à bouillir fortement, ſans perdre ſenſiblement de ſa *maſſe*, par l'évaporation. D'un autre côté, il étoit bien difficile d'avoir une maſſe d'eau auſſi grande que celle que j'ai employée, qui fût exactement à la température de la *glace fondante.* J'ai donc abandonné ce moyen, & j'en ai ſuivi un autre que je vais expoſer.

Recherche par le rapport de la *marche* des *huiles* avec celle du *merc.*

422 *oo.* On voit par ces dernières expériences, que la *marche* du *mercure* s'écarte très-peu de celle de la *chaleur*, & j'ai trouvé par mes expériences précédentes, non-ſeulement que la *marche* des *huiles* s'écarte auſſi très-peu de celle du *mercure*, mais encore que ces liquides ont des propriétés ſemblables, quant aux effets de la *chaleur* ſur les différences de leur volume (417 *f.*). Partant de-là, j'ai cherché ſi quelqu'un de mes Thermomètres d'*huiles* n'auroit point différé d'avec le Ther-

momètre de *mercure* dans mes dernières expériences, d'autant que celui-ci avoit différé d'avec la *chaleur* : pensant qu'on pourroit prendre alors, sans erreur sensible, la *marche* de ce Thermomètre d'*huile*, comparativement au Thermomètre de *mercure*, pour celle de celui-ci, comparativement à la *chaleur*. Et j'ai trouvé que le Thermomètre d'*huile essentielle de camomille* est exactement dans ce cas; en voici la preuve : *L'huile essentielle de camomille employée à cette recherche.*

422 *pp*. Quand le Thermomètre de *mercure* est à 75, le Thermomètre *d'huile de camomille* est à 74, 7; & si le premier est à 5, 6, le dernier est à-peu-près à 5, 1. Le Thermomètre *d'huile de camomille* se feroit donc tenu à 74, 7 & 5, 1 dans mes deux masses égales d'eau mêlées ensemble; & en faisant pour celui-ci le même calcul que pour le Thermomètre de *mercure*, il auroit dû se tenir dans le *mélange* *Elle s'écarte autant du mercure par sa marche, que celui-ci de la la chaleur.*

à $5,1 + \frac{74,7 - 5,1}{2} = 39,9$, pour exprimer la *chaleur moyenne* entre ces deux températures. Mais il ne s'y feroit tenu réellement qu'à 37, 9; car le Thermomètre de *mercure* a indiqué 39, 3, & quand celui-ci est à ce point, le Thermomètre d'*huile de camomille* est à 37, 9 : ainsi dans un semblable mélange, l'indication du Thermomètre d'*huile de camomille* différeroit de 2 *dégrés*, de ce qu'elle feroit si ses *dégrés* exprimoient des *parties égales* de la *chaleur*. Mais cette différence n'a été que d'un dégré pour le Thermomètre de *mercure;* donc, dans la même expérience, le

Thermomètre d'*huile de camomille* s'écarteroit autant du Thermomètre de *mercure*, que celui-ci s'écarte de la *chaleur*, c'est-à-dire, d'un *dégré*.

On peut prendre la *marche* de *l'huile de camomille* relativ. au *merc.* pour celle du *merc.* relativ. à la *chaleur.*

422 *qq*. La quantité de ces *écarts*, reconnus *égaux*, ne paroîtra pas bien grande, quand on considérera que les *chaleurs* des masses d'eau mêlées ensemble dans cette expérience, diffèrent peu de celle de l'*eau bouillante* & de la glace qui fond, qui sont les termes extrêmes de l'échelle fondamentale des deux Thermomètres; & il est à remarquer encore, qu'elles en diffèrent presqu'également en se rapprochant du milieu de cette échelle. Il suit de-là, qu'on peut prendre pour la *marche* du Thermomètre de *mercure*, comparativement à la *chaleur*, celle du Thermomètre d'*huile de camomille*, comparativement au Thermomètre de *mercure*. Les différences, du moins, ne peuvent jamais être bien sensibles.

Exécution de cette idée.

422 *rr*. Pour exécuter cette idée, j'appellerai z, la *chaleur de la glace qui fond*, & $z + 80$, la *chaleur de l'eau bouillante*; & je supposerai divisée en 80 parties égales, la différence de ces deux quantités de *chaleur*. Alors je prendrai pour les points du Thermomètre de *mercure*, correspondans à cette division de l'*excès de chaleur de l'eau bouillante* sur la *glace qui fond*, les points du Thermomètre d'*huile de camomille*, correspondans à ceux du Thermomètre de *mercure*, divisé aussi en 80 parties égales dans l'intervalle des points de l'*eau bouillante* & de la *glace qui fond*. C'est ce que j'ai fait dans la Table suivante.

TABLE des points du Thermomètre de mercure *divisé en* 80 *parties égales entre les températures de la glace qui fond & de l'eau bouillante, qui correspondent à la division en* 80 *parties égales de l'excès de chaleur de l'eau bouillante sur la glace qui fond.*

	Chaleurs réelles.	*Points correspondans du Thermomètre de* mercure.	*Condens. du* mer. *par des diminut. de la* chal. *égales entr'elles, en partant de l'*eau bouil.
Chaleur de l'eau bouillante.	z+80	80,0	
	z+75	74,7	5,3
	z+70	69,4	5,3
	z+65	64,2	5,2
	z+60	59,0	5,2
	z+55	53,8	5,2
	z+50	48,7	5,1
	z+45	43,6	5,1
	z+40	38,6	5,0
	z+35	33,6	5,0
	z+30	28,7	4,9
	z+25	23,8	4,9
	z+20	18,9	4,9
	z+15	14,1	4,8
	z+10	9,3	4,8
	z+5	4,6	4,7
Chal. de la glace qui fond.	z	0,0	4,6
			80,0

J'ai fait un léger changement à la marche de l'*huile de camomille*, en l'appliquant au Thermomètre de *mercure* dans cette *Table*, parce que j'y ai vu une petite irrégularité, qui m'a paru vicieuse.

Vérification de la *Table* par les deux *expériences* précédentes.

422 *ss*. Le premier usage que j'ai fait de cette *Table*, a été de l'appliquer aux deux expériences par lesquelles j'y suis parvenu. Ces expériences lui ont bien servi de fondement; mais d'abord, il s'en falloit d'environ 10 *dégrés*, que la différence des chaleurs des deux masses d'eau mêlées ensemble, ne fût égale à celle des chaleurs de l'*eau bouillante* & de *la glace qui fond* : & de plus, je n'avois déterminé par ces expériences, qu'un seul point de correspondance entre les *marches* du *mercure* & de la *chaleur*. Il a donc fallu, non-seulement évaluer l'effet d'une plus grande différence de chaleur entre les deux masses d'eau (*a*), mais encore fixer tous les autres

(*a*) La différence de température des deux masses d'eau que j'ai mêlées ensemble, étoit d'environ 70 *dégrés*; & le Thermomètre de *mercure* s'est *écarté d'un dégré* de la chaleur *réelle*. Par l'évaluation que j'ai faite de la quantité dont il s'*écarte* d'avec la chaleur moyenne *réelle* de l'*eau bouillante* & de la *glace qui fond*, dont la différence est 80 *dégrés*, j'ai trouvé que cet *écart* doit être d'un *dégré* $\frac{1}{3}$, comme on le voit dans la *Table* au *dégré* ζ + 40. Ainsi, pour $\frac{1}{7}$ d'augmentation dans la *différence* des températures des masses d'eau mêlées ensemble, l'*écart* du Thermomètre de *mercure*, comparativement à la chaleur *réelle*, augmente de $\frac{1}{3}$; &, par conséquent, cet *écart* croît plus rapidement que la *différence* des températures. C'est ce que j'ai dit ci-devant (422 *n*), en parlant des expériences de même espèce, faites sur l'*esprit-de-vin* par M. l'Abbé *Nollet*.

points correſpondans du *Thermomètre de mercure* & de la *chaleur;* c'eſt ce que j'ai fait par le moyen du Thermomètre d'*huile eſſentielle de camomille.* Il ſuit de-là, que c'eſt faire une vérification de ma *Table*, que de l'appliquer à ces deux expériences; car ſi les déterminations ajoutées au premier réſultat n'étoient pas juſtes, la *Table* ne ſe prêteroit pas exactement à ces expériences. On le comprendra par l'application que je vais en faire.

422 *tt.* Dans ma *première expérience*, j'ai mêlé parties égales d'eau de 75 *dégrés*, & de 6 *dégrés*, ſur le Thermomètre de *mercure*, dont les *chaleurs réelles*, par la *Table*, étoient $z+75,3$ & $z+6,5$; & la *chaleur réelle* moyenne, ſuivant ma formule (422 *x.*), Application à la 1[e]. *exp.*

$$z+6,5+\frac{75,3-6,5}{2}=z+40,9,$$ qui,

par la *Table*, correſpond à 39, 5 ſur le Thermomètre de *mercure.* Si donc le *mélange* n'avoit point perdu de ſa chaleur, ce Thermomètre s'y ſeroit tenu à 39, 5; mais j'ai eſtimé (422 *ll.*) qu'il en avoit perdu 0, 3: par conſéquent il a dû ne s'y tenir qu'à 39, 2, & c'eſt le point où je l'ai trouvé.

422 *uu.* Dans la *ſeconde expérience*, j'ai mêlé parties égales d'eau à 75, & à 5, 2, ſur le Thermomètre, dont les *chaleurs réelles*, ſuivant la *Table*, ſont $z+75,3$, & $z+5,6$, & Application à la 2[e]. *exp.*

leur terme moyen $z+5,6+\frac{75,3-5,6}{2}$

$=z+40,5$; qui correſpond à 39, 1 ſur le

Thermomètre. Mais dans cette expérience, le *mélange* a subi une augmentation de chaleur de 0, 2 (422 *ll.*); ainsi le Thermomètre a dû s'y tenir à 39, 3, & il s'y est tenu en effet.

Projet de plus ample vérification.

422 *xx.* Lorsque j'ai entrepris ces nouvelles expériences, il ne m'étoit pas seulement venu en idée qu'elles pussent me conduire à former, avec quelque vraisemblance, une *Table* des *dégrés* du *Thermomètre de mercure*, correspondans à des *différences égales de la chaleur*. Mais l'espérance croît avec le succès, & le desir avec l'espérance : aussi, quelque pressé que je sois, par bien des motifs, de me détacher enfin d'un ouvrage que j'ai commencé il y a plus de seize ans, & que l'empressement obligeant de M. *de la Lande* lui a fait annoncer depuis sept ans dans la *Connoissance des mouvemens célestes* pour l'année 1765, je n'ai pu résister au desir de vérifier quelques points de ma *Table* par de nouveaux *mélanges*, faits dans des proportions différentes des premières.

3e. *Expér.*

422 *yy. Troisième expérience.* J'ai mêlé une *partie* d'eau de 75 *dégrés* sur le Thermomètre, à 2 *parties* de 6, 2 *dégrés :* le *Thermomètre* est toujours de *mercure ;* ces *parties* d'eau sont de 15 *livres ;* le *mélange*, dans cette 3me. expérience, ainsi que dans la 4me., a été fait dans le vâse qui contenoit l'eau la plus chaude, comme dans la 2me. expérience; ce vâse étoit aussi de cuivre battu.

Comparée à la Table.

422 *zz.* Suivant les rapports fournis par ma *Table*, la *chaleur réelle* de l'eau de 75 *dégrés*

dégrés au *Thermomètre*, eſt $z + 75, 3$, & celle de 6, 2 eſt $z + 6, 7$; ainſi la chaleur du *mélange* auroit été $z + 6, 7 + \frac{75, 3 - 6, 7}{3} = z + 29, 6$, ſi dans cette expérience le vâſe n'avoit pas été plus chaud que ce *mélange*. On a vu comment j'ai déterminé la quantité de cette augmentation dans la *ſeconde* expérience, où je l'ai eſtimée $\frac{1}{10}$ de *dégré* ſur le *Thermomètre*. Ici la chaleur du vâſe étoit la même, mais le *mélange* étoit moins chaud; ce qui a du produire un plus grand écart. Je l'évalue donc à $\frac{3}{10}$, qu'il faut ajouter à 28, 3; point auquel correſpond, dans la *table*, la *chaleur* $z + 29, 6$. Le *Thermomètre* devoit donc ſe trouver dans le *mélange* à 28, 6: & je l'ai trouvé à 28, 7.

422 *aaa*. *Quatrième expérience*. Pour vérifier un des points de ma *table*, au-deſſus du milieu de l'échelle; j'ai mêlé 2 *parties* d'eau de 75 *dégrés* ſur le *Thermomètre*, à 1 *partie* de 6, 9. Ces points correſpondent, par la *table*, aux *chaleurs* $z + 75, 3$ & $z + 7, 4$. Ainſi la *chaleur* du *mélange* auroit été $z + 7, 4 + \frac{\overline{75, 3 - 7, 4} + 2}{3} = z + 52, 7$, ſi le vâſe n'avoit pas encore été plus chaud que ce *mélange*. Mais ici la différence d'avec la *ſeconde* expérience, étoit contraire à la différence de la *troiſième*: le *mélange* a été plus chaud que dans celle-là. Je n'eſtime donc qu'$\frac{1}{10}$ de *dégré* l'aug-

4e. *Expér.*

Comparée à la *Table*.

mentation de la chaleur du *mélange ;* & cette quantité doit être ajoutée à 51, 4, qui, par la *table*, correspondent à la chaleur $\zeta + 52,7$. Le *Thermomètre* devoit donc être à 51, 5 dans le *mélange* ; & c'est exactement le point où je l'ai trouvé.

Project d'une 5e. expér. 422 *bbb*. Content de ces vérifications, j'allois remettre mon Ouvrage sous presse, lorsqu'une nouvelle idée est venue me poursuivre encore, malgré la nouvelle suspension qu'elle devoit occasionner. Je voulois vérifier, par un mélange de parties égales d'eau à des températures peu différentes de l'*eau bouillante* & de la *glace qui fond*, l'estimation que j'avois faite du point du Thermomètre qui correspond à la chaleur moyenne entre ces deux températures. Il falloit attendre pour cela que l'air de ma chambre fût assez près de la température de *la glace qui fond*, & je l'ai attendu.

Je voulois aussi répéter ma *première* expérience, où j'avois versé l'eau la plus chaude dans le vâse qui contenoit l'eau la moins chaude, pour vérifier mon estimation de l'effet de cette circonstance.

5e. *Expér.* 422 *ccc. Cinquième expérience.* Pour satisfaire à ce double but, j'ai mis dans le vâse de bois de la *première expérience*, 1 *partie* d'eau où le *Termomètre* se tenoit à + 1, comme dans l'air de la chambre ; & j'y ai mêlé 1 *partie* d'eau qui tenoit le *Thermomètre* à + 77. Les *chaleurs réelles* correspondantes à ces deux points du Thermomètre, suivant la *Table*, sont $\zeta + 1, 1$ & $\zeta + 77, 2$. Ainsi la chaleur

Comparée à la *Table*.

réelle du mélange devoit être $\chi + 1,1 + \frac{77,2 - 1,1}{2} = \chi + 39,15$; & par la *Table*, cette *chaleur* correſpond à 37, 75 ſur le *Thermomètre*.

422 *ddd.* Mais il y a eu dans cette expérience pluſieurs cauſes de diminution de chaleur. Les principales ſont les mêmes que dans la *première*, ſavoir le paſſage de l'eau la plus chaude dans l'air, & la moindre chaleur du vâſe comparativement au *mélange*. J'ai eſtimé $\frac{1}{10}$, l'effet de ces deux cauſes dans la *première* expérience; mais ici leur effet a dû être plus grand; car la température de l'air, au travers duquel l'eau la plus chaude a été verſée, en différoit de 7 dégrés de plus; elle n'étoit que d'environ 69 dans la première, & elle s'eſt trouvée de 76 dans la dernière. Dans la première auſſi, la température du vâſe ne différoit que d'environ 33 *dégrés* de celle du *mélange*, & elle en a différé dans la dernière d'environ 36 *dégrés*. Je crois donc, qu'à cauſe de ces deux augmentations de différence, la perte de chaleur provenant de ces deux cauſes, peut être eſtimée $\frac{4}{10}$ de *dégré*. Evaluation de l'effet des *cauſes étrangères.*

422 *eee.* Mais il faut y ajouter l'effet d'une troiſième cauſe, que j'avois négligée juſques à préſent, parce que ſon effet n'avoit pas été ſenſible; c'eſt le *refroidiſſement* pendant l'expérience. Il ſemble que la différence de chaleur du *mélange* & de l'*air*, n'ayant été que de 5 *dégrés* plus grande dans cette dernière expérience, que dans la première, le *refroi-* *Cauſe* particuliere à cette *expér.*

dissement n'auroit pas dû être beaucoup plus rapide. Cependant il l'a été : & c'est-là un exemple de ces caprices apparens de la nature, qui ne permettent pas de suspendre un moment l'attention quand on l'étudie. L'eau d'environ 37 *dégrés* sur le *Thermomètre*, environnée d'air à 1 *dégré* ; a perdu plus de ½ *dégré* de chaleur en 3 minutes, tandis que la même masse d'eau, à 39 *dégres*, environnée, dans le même vâse, d'air à 6 *dégrés*, n'avoit pas perdu, dans le même tems, une quantité de chaleur dont il valût la peine de tenir compte. J'ignore la cause de cette différence : mais puisqu'elle a eu lieu, on ne peut se dispenser d'y avoir égard. Si le *refroidissement* a été de $\frac{3}{5}$ de *dégré* dans 3 minutes, il a dû être, dans moins d'1 minute qu'a duré l'expérience, environ le quart de cette quantité, soit $\frac{1}{10}$; qui joints à $\frac{4}{10}$ pour l'effet des deux causes précédentes, font en tout $\frac{11}{20}$, soit 0, 55, à déduire de 37, 75 où le *Thermomètre* auroit dû se tenir dans le *mélange*, suivant le calcul précédent. Il devoit donc se tenir à 37, 2 : & c'est exactement le point où je l'ai trouvé.

Résultat.

Remarque sur l'exactitude qui se trouve dans ces *expér.*

422 *fff.* Voilà bien de la précision dans des expériences, qui par leur nature ne semblent pas la promettre. Aussi, quoiqu'elle s'y trouve réellement, je n'ôse l'attribuer à la règle que j'ai établie. Quand cette règle seroit rigoureusement exacte en elle-même, je ne me flatterois pas que l'expérience s'y conformât toujours avec autant de précision. J'ai fait les miennes avec beaucoup de soin, en voilà cinq qui se fortifient mutuellement, c'est tout ce que je puis en dire.

422 *ggg.* Je n'assûre donc pas que ma règle soit absolument exacte, je lui soupçonne même un petit défaut; c'est qu'elle met un peu trop de différence entre la *marche* du *mercure* & celle de la *chaleur*, le *refroidissement* pendant les expériences, dont je n'ai tenu compte que dans la dernière; & l'évaporation qu'ont éprouvé les *mesures* d'eau que j'ai fait chauffer, qui diminuoit un peu leur masse, ont dû diminuer la chaleur des *mélanges*, & par conséquent faire tenir le *mercure* un peu trop bas. Mais cette erreur, par la nature même de ses causes, ne peut être que très-petite, & par l'expérience, elle l'est réellement, puisqu'elle ne s'est pas manifestée, malgré la différence des combinaisons. Je crois donc qu'elle peut être négligée, jusqu'à ce qu'on soit parvenu à l'évaluer, par des expériences dont on ait écarté ces causes d'erreur, & qu'on peut accorder assez de confiance à la *table* que j'ai formée des *marches correspondantes* de la *chaleur* & du *Thermomètre du mercure*.

Raison de croire qu'elles mettent un peu trop de différence entre la *marche du mercure* & celle de la *chaleur*.

422 *hhh.* Un des usages qu'on peut faire de cette *table*, est de diviser l'échelle du *Thermomètre de mercure*, de manière que ses *parties* représentent réellement des *différences* égales de la chaleur. Pour cet effet, on supposera divisé en 800 parties, l'intervalle des points de l'*eau bouillante* & de la *glace qui fond* sur le tube du Thermomètre. Alors, les nombres 46, 47, 48, 48, 49, ... 53, qui forment la troisième colonne de la *table*, & dont la somme est 800, marqueront les étendues successives que le *mercure* parcourra dans ce tube, par des

Division du *Ther. de mercure* en dégrés qui indiqueront des *différences égales* de la chaleur.

accroîssemens ou décroîssemens *égaux* de la *chaleur*, dont 16 font la différence des *chaleurs* de l'*eau bouillante* & de la *glace qui fond*.

Exécution. 422 *iii.* Cette division du *Thermomètre* s'exécutera fort aisément par le moyen d'une *échelle de mille parties*, en employant l'analogie suivante. Comme 800 sera au nombre de *parties* de cette *échelle* contenues dans l'intervalle des points de la *glace qui fond* & de l'*eau bouillante* sur le tube du Thermomètre; ainsi 46, 47, 48, 48, 49.... 53, seront au nombre de ces mêmes *parties* qu'il faudra prendre & marquer successivement le long du tube, pour exprimer ces *accroîssemens égaux* de la *chaleur*, dont 16 font l'excès de chaleur de l'eau bouillante sur la glace qui fond. Chacun de ces espaces sera ensuite divisé en 5 parties égales, car les différences entre les *marches* du *mercure* & de la *chaleur*, ne peuvent être sensibles dans de si petites portions de l'échelle du Thermomètre: & en partant du point de la *glace qui fond*, qui sera désigné par z, on placera les chiffres 5, 10, 15, 20, 25.... 80 auprès des points qui marqueront ces *parties* de la *chaleur*, de 5 en 5.

Usage. 422 *kkk.* Le *Thermomètre de mercure* étant ainsi divisé, tous ses *dégrés* exprimeront des *quantités égales* de *chaleur*; c'est-à-dire, que la *quantité* qui lui feroit parcourir l'*espace* de z à $z + 1$, seroit *égale* à celle qui lui feroit parcourir l'*espace* de $z + 79$ à $z + 80$; quoique ce dernier *espace* soit plus grand que le premier, dans le rapport 53 à 46.

Formation d'une *Table* 422 *lll.* Mais quelque simple que soit en elle-même cette division du Thermomètre, en

dégrés qui expriment des *différences égales* de la *chaleur*, & quelqu'aisée même qu'en soit l'exécution pour les personnes exercées ; il est plus sûr de conserver, pour les cas ordinaires, la division en *dégrés d'égale étendue*. C'est-pourquoi j'ai dressé la *table* suivante des *quantités réelles de chaleur*, qui correspondent à la suite de ces *dégrés*. Je l'ai formée en prenant les *hauteurs* du Thermomètre de 5 en 5 *dégrés égaux* ; au-lieu que dans la *table* précédente, les nombres de ces mêmes *dégrés* vont en augmentant de bas en-haut ; & j'ai changé les termes correspondans dans la colonne des *chaleurs réelles*, comme l'exigeoit ce premier changement ; c'est-à-dire, dans le rapport des *différences* correspondantes. Par exemple,

des chaleurs réelles correspond. à la division du Ther. en dégrés égaux.

Quand le Thermomètre est à 4, 6, la *chaleur réelle* est ♃ + 5

4, 7 - - 5 *différence*,

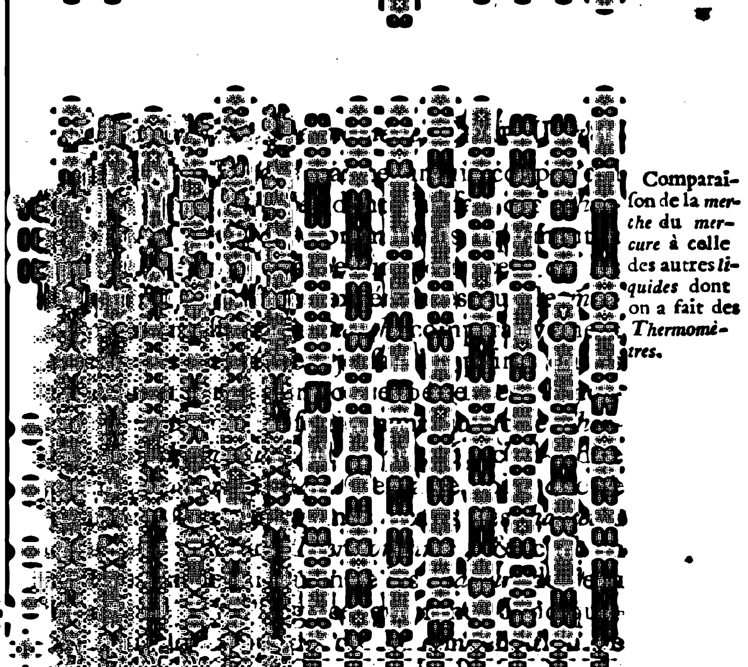
& à 9, 3 - - ♃ + 10

Ainsi quand le *Thermomètre* est à 5, c'est-à-dire de 0, 4 *plus haut* que 4, 6 ; la chaleur est *plus grande* de $\frac{0,4 + 5}{4,7} = 0,43$. Elle est donc ♃ + 5, 43. Et ainsi de suite pour tous les autres termes. Cette méthode étant facile & aussi exacte qu'il est nécessaire, je n'en ai pas cherché une plus élégante, ni plus régulière.



TABLE des. quantités réelles de chaleur, *correspondantes aux indications du* Thermomètre de mercure *divisé en* 80 *parties égales entre les points de l'eau bouillante & de la glace qui fond.*

	Thermomètre de mercure.	*Chaleurs réelles.*	*Différences réelles de la* chaleur, *correspond. aux variations du* Therm. de mercure, *de* 5 *en* 5 *dégrés.*
Eau bouillante.	80	z+80,00	4,72
	75	z+75,28	4,72
	70	z+70,56	4,79
	65	z+65,77	4,81
	60	z+60,96	4,81
	55	z+56,15	4,89
	50	z+51,26	4,89
	45	z+46,37	4,97
	40	z+41,40	5,00
	35	z+36,40	5,08
	30	z+31,32	5,10
	25	z+26,22	5,10
	20	z+21,12	5,18
	15	z+15,94	5,20
	10	z+10,74	5,31
	5	z+ 5,43	5,43
Glace qui fond.	0	z	
			80,00



Comparaison de la *marche* du *mercure* à celle des autres *liquides* dont on a fait des *Thermomètres*.

TABLE des rapports des marches *de divers* liquides, *avec la* chaleur.

Ils s'écartent tous de la marche de la chaleur plus que le mercure.

Thermomètres *semblablement divisés en 80 parties entre les points de la* glace qui fond *& de l'*eau bouillante.	*Termes correspondans entr'eux & avec la* chaleur $z+40$.	Rapports *des condens. de chacun des* liquid. *suivans, par deux diminutions égales & successives de la chaleur, dont la somme est égale à l'excès de chaleur de l'*eau bouillante *sur la* glace qui fond. *Condensation par la diminution de la première moitié de cet excès.*		*Condensation par la* seconde *moitié.*
Mercure.	38,6	15	à	14,0
Huile d'olive.	37,8	15	à	13,4
Huile de lin (*a*).	37,8	15	à	13,4
Huile essentielle de camomille.	37,2	15	à	13,
Huile essentielle de serpolet.	37,	15	à	12,9
Eau saturée de sel marin.	34,9	15	à	11,6
Esp.-de-v. qui brûle la poudre.	33,7	15	à	10,9
Eau commune.	19,2	15	à	4,7

Conclusion. Le *mercure* approche plus que tous les autres liquides de *mesurer* exactement les *différences de la chaleur.*

422 *nnn.* Ce Tableau des rapports qu'ont avec la chaleur les *marches* des liquides dont on a fait des Thermomètres, ne laisse plus aucun doute sur la proposition que je voulois prouver : savoir; que, *de tous ces liquides, le*

(*a*) Je tire ce rapport de l'expérience de M. *Ducrest*, dont j'ai fait mention ci-devant (419 *c*).

mercure est celui qui approche le plus de mesurer des différences égales de la chaleur, par des différences dans son volume, égales entr'elles. Je puis même ajouter à présent, qu'il en *approche beaucoup.*

422 *ooo.* Telle est la première raison d'employer le *mercure* pour le Thermomètre, raison directe, tirée du but même qu'on se propose; celui de *mesurer* la chaleur. Aurions-nous une idée juste des rapports entre les parties du *tems*, si, pour *mesurer*, nous n'avions que ces montres anciennes, livrées à l'action variablement décroîssante d'un premier ressort, & qui par conséquent ne pouvoient être d'accord entr'elles, & avec le *tems*, qu'à chaque *vingt-quatre-heures*? On a remédié à ce défaut des premières montres, par des moyens qui ont produit l'*isochronisme*. Le Thermomètre avoit besoin aussi d'une correction qui produisît l'*isothermisme*, si je puis hasarder ce mot.

Remarque sur la nécessité des recherches précédentes.

422 *ppp.* Ce but renfermoit deux objets distincts. Le *premier* & le plus essentiel, est l'*uniformité* des Thermomètres : il falloit nécessairement parvenir à les rendre exactement *comparables*, sans quoi les Physiciens ne se seroient jamais entendus entr'eux sur les observations de la *chaleur*. C'est à cet objet que j'ai porté le plus d'attention ; on a déjà pu voir, & l'on verra mieux encore dans la suite, combien il avoit été négligé.

Il falloit essentiellement rendre les Therm. *uniformes.*

422 *qqq.* La principale condition, pour parvenir à cette *uniformité* nécessaire, étant de n'employer au Thermomètre seul qu'un *liquide;* il s'agissoit de déterminer quel seroit ce *liquide* :

Condition principale pour y parvenir : L'emploi

d'un *seul* liquide.

& certainement, à qualités d'ailleurs égales, celui-là devoit être préféré, dont la marche approchoit le plus d'être proportionnelle à celle de la chaleur. On pouvoit au moins par-là, diminuer l'erreur qu'on fait si naturellement, en regardant comme *égales*, les *quantités de chaleur* qui font parcourir au Thermomètre des *dégrés égaux entr'eux*. C'étoit-là une des conditions qu'on devoit naturellement remplir, dans la fixation d'un Thermomètre *commun*.

Raison de préférence : plus d'exactitude à mesurer la chaleur.

Le Therm. *commun* doit être d'une exécution aisée.

Car il faut absolument que la construction de ce Thermomètre soit aisée, pour que le moindre Artiste puisse l'exécuter ; sans quoi nous serons toujours inondés de mauvais Thermomètres, réputés bons. Or sa construction ne seroit pas aisée, s'il falloit abandonner l'échelle divisée en parties égales, pour se rapprocher de la vraie marche de la chaleur ; j'ai donc cherché quel étoit le liquide qui remplissoit le mieux cette condition. On a vu les raisons qui m'ont décidé *a priori* en faveur du *mercure*.

Ces deux conditions réunies donnoient au Thermomètre toute la perfection nécessaire dans le plus grand nombre des expériences. C'étoit la *bâse* d'une mesure *uniforme* de la chaleur, & l'*uniformité* suffit dans toutes les expériences faites pour être comparées entr'elles. C'étoit encore le plus grand pas vers une mesure exacte, dès qu'il falloit la conserver *commune* & par conséquent aisée.

But particulier dans la construction du Therm.

422 *rrr*. Cependant il étoit fort intéressant, & il pouvoit être utile pour la suite, de satisfaire à un second *objet* que renferme l'idée

du *Thermomètre*, ſavoir, de déterminer le *rapport* de ſes *dégrés* avec des différences égales de la *chaleur*. C'eſt ſur ce point que la connoiſſance des vues de M. *Le Sage* m'eſt devenue fort utile. Je lui dois un premier pas, ſans lequel je n'aurois point tenté de déterminer les *marches* correſpondantes du *Thermomètre de mercure* & de la *chaleur*; & parconſéquent, j'aurois ignoré à quel point ces *marches* ſe rapprochent.

Déterminer le *rapport* de ſes *dégr.* avec des *différences égales* de la *chaleur*.

422 *sss.* L'évènement à cet égard a paſſé mon attente. J'étois bien aſſuré par mes premières expériences, que de tous les liquides employés juſqu'à préſent au Thermomètre, le *mercure* étoit celui dont la marche ſe rapprochoit le plus de celle de la *chaleur*; mais j'ai appris par les dernières, que la différence de ces *marches* eſt ſi petite, que dans la plupart des cas, on peut prendre l'une pour l'autre, ſans erreur ſenſible. On peut donc continuer à diviſer l'Echelle de ce Thermomètre en parties égales. Il ſuffira aux Phyſiciens, pour qui la connoiſſance des rapports exacts entre les *différences* de la chaleur pourroit devenir néceſſaire, d'avoir la *Table* qui les exprime.

La *marche* du *mercure* peut être priſe à l'ordinaire pour celle de la *chaleur*.

Je reviendrai à cet objet, en tâtant de l'*échelle* du Thermomètre (453 *m.*) & je paſſe maintenant à d'autres propriétés du *mercure*, dont l'expoſition contribuera encore à lui aſſurer la préférence pour la *meſure* de la *chaleur*.

422 *ttt.* On emploie déja aſſez communément le mercure dans les Thermomètres, à

Le mercure eſt déjà employé aſſez

communné-ment pour le Therm. par d'autres raisons ; Contestées cependant.

cause de sa grande *sensibilité*, & de l'étendue des variations de chaleur qu'il peut soutenir. Mais ces avantages sont contestés, ou estimés pour peu de chose par quelques Physiciens. C'est-pourquoi je les rappellerai, & les appuierai de nouvelles preuves, en y joignant ceux que l'expérience m'a fait connoître.

Seconde raison d'employer le mercure pour le Thermomètre, tirée de ce qu'il est de tous les liquides le plus aisé à purger d'air.

L'expulsion de l'air est une des grandes difficultés dans la construction du Therm.

423 *a.* Les plus grandes difficultés qu'on éprouve dans la construction des Thermomètres, proviennent de l'*air* renfermé dans les liquides qu'on y emploie, & dont il faut nécessairement les purger en grande partie. Cette expulsion demande plus ou moins de tems & de peine, suivant la nature des liquides. Si l'on emploie, par exemple, les huiles végétales faites par expression, leur viscosité rend la sortie de cet *air* très-lente : on n'est pas assuré au bout de trois mois, qu'il n'en sortira plus. L'*air* se dégage plus aisément de l'*esprit-de-vin* ; mais les operations par lesquelles on le fait sortir demandent assez de dextérité.

Elle est très longue dans les Therm. d'huile.

Difficile dans ceux d'*esprit-de-vin*.

Elle est nécessaire dans ces derniers, pour qu'ils supportent l'*eau bouillante.*

423 *b.* C'est principalement quand on veut régler à l'*eau bouillante* les Thermomètres d'*esprit-de-vin*, qu'il est nécessaire de les purger d'*air*. Il faut retarder l'ébullition de cette liqueur, qui, dans son état naturel, bout plus promptement que l'*eau*. On y parvient, en faisant sortir l'*air* qu'elle renferme ; dont

la dilatation, en écartant les parties de la liqueur, accélère la formation des vapeurs internes, qui produisent le bouillonnement.

423 *c.* M. *Jean Benédict Durand*, qui depuis longtems s'occupoit des Thermomètres, & dont les lumières m'ont été fort utiles en plusieurs occasions, m'a fait part d'un moyen qu'il avoit trouvé pour faire supporter assez sûrement à l'*esprit-de-vin* la chaleur de l'eau bouillante: on sera bien aise de connoître ce moyen (*a*). Moyen d'y parvenir trouvé par M. *J. B. Durand.*

423 *d.* Il consiste principalement à décharger l'*esprit-de-vin* du poids de l'Athmospère, afin qu'il se purge d'*air* comme sous le récipient d'une pompe pneumatique. Pour cet effet, le Thermomètre étant à-peu-près rempli, il faut l'échauffer dans de l'eau, autant qu'il peut l'être sans que l'*esprit-de-vin* s'élance; c'est-à-dire de 64 à 65 dégrés du Thermomètre de mercure, & le sceller, tandis que le tube est entiérement plein de la liqueur. Il consiste à décharger l'*esprit-de-vin* du poids de l'Atmosph.

L'*esprit-de-vin* se refroidissant, se condense, & laisse vuide d'*air* la partie du tube qu'il abandonne. L'*air* que contient l'*esprit-de-vin*, se trouvant alors déchargé, se dilate & s'échape peu-à-peu: on le voit monter lentement & successivement en très-petites bulles, & sortir de l'*esprit-de-vin* pour gagner l'espace *vuide*. Souvent il s'accumule à la naissance du tube, & soulève la colonne de liqueur. On la fait descendre alors, par la L'*air* étant moins chargé, se dilate & sort de l'*esprit-de-vin.*

(*a*) La mort m'a enlevé cet ami, & les regrets du Public ont justifié l'affliction que m'a causé sa perte.

méthode ordinaire; c'est-à-dire, en faisant tourner rapidement le Thermomètre comme une fronde, à l'aide d'une ficelle.

La durée de son émigration varie.

423 *e*. Cette émigration de bulles d'air dure très-diversement: elle cesse ordinairement au bout de quelques jours; d'autres fois elle dure plusieurs semaines. Quand elle a cessé, on ouvre le Thermomètre, & on le met à *l'eau bouillante*, en l'échauffant peu-à-peu. La chaleur étant plus grande dans cette seconde opération, il sort encore de *l'esprit-de-vin*. On en fait aussi sortir un peu, soit en suçant, soit en secouant le Thermomètre renversé, pour que l'extrémité de la colonne s'abbaisse de 2 ou 3 lign. au-dessous du sommet, & tandis que le Thermomètre éprouve toute la chaleur de l'*eau bouillante*, on le scelle de nouveau.

Quand elle a cessé, le Therm. peut soutenir l'*eau bouillante*.

Cette méthode est sûre pour les Therm. dont le tube est un peu large.

423 *f*. Cette méthode est très sure, quand on emploie des tubes d'une ligne de diamètre intérieur. Mais ces tubes exigent de grosses boules, & les Thermomètres sont peu sensibles. Si le diamètre des tubes est moindre, on ne peut s'assurer de réussir du premier coup: je l'ai éprouvé en faisant les Thermomètres qui ont servi à mes expériences. Il faudroit entrer dans de trop longs détails, pour décrire tous les procédés par lesquels j'ai vaincu les difficultés qui se sont présentées: & même je ne serois point assuré de satisfaire à tous les cas possibles, puisque le dernier Thermomètre que j'ai fait, a exigé de nouveaux expédiens.

On éprouve quelques difficultés quand le tube est étroit.

423 *g*.

423 g. M. *Ducrest*, qui faisoit aussi supporter à ses Thermomètres la chaleur de l'*eau bouillante*, employoit une autre méthode. Il prévenoit les élancemens de *l'esprit-de-vin*, en laissant la partie supérieure du tube pleine d'*air* : & pour que cet *air* n'éprouvât pas une trop grande compression quand on mettoit le Thermomètre à l'*eau bouillante*, il faisoit souffler une petite boule au haut du tube.

M. *Ducrest*, pour empêcher les élancemens de l'*esprit-de vin* à l'*eau bouillante*, laissoit de l'air dans le haut du tube.

423 h. Mais cette méthode exige que l'*air* laissé dans le haut des Thermométres, soit toujours en même proportion avec la liqueur, afin que celle-ci éprouve une résistance égale dans tous les Thermomètres, lorsqu'elle se dilate. J'ai déja montré par une expérience, que l'*air* renfermé dans *l'esprit-de-vin* le rend plus compressible (413 *f*.), & j'en trouve une nouvelle preuve dans le Thermomètre même de M. *Ducrest*. Il se tient d'autant plus au-dessous du mien, que la colonne s'élève davantage dans le tube : je parlerai bientôt de cette différence (425 *m* & *n*.). Or il est presque impossible d'obtenir toujours la même proportion entre l'*air* & la *liqueur*. Car il faut avoir égard, non-seulement à la capacité de la petite boule & du tube, mais à la température de l'*air*, lorsqu'on le renferme, en scellant la petite boule à la flamme d'une lampe.

Cette méthode met de la diversité dans la *marche* des Thermom.

Parce que la quantité de l'*air* comprimant n'est pas toujours la même.

423 i. M. *Ducrest* a reconnu sans doute la nécessité d'un même rapport entre l'*air* & *l'esprit-de-vin* dans le Thermomètre : on peut le croire du moins par les précautions qu'il

M. *Ducrest* paroît avoir compris la nécessité d'une égale compression.

Mais les précautions qu'il indique ne sont pas sûres.

exige pour le scellé (a). Mais ces précautions ne sont point sûres ; puisqu'une de celles qu'il exige, est de ne pas *trop* chauffer la petite boule : ce qui est très vague. Il me semble donc qu'il vaut mieux purger d'air les Thermomètres d'*esprit-de-vin*, & que par-conséquent la méthode de M. *Durand* est préférable à celle de M. *Ducrest*.

Phén. singul. produits par l'*air* & les *vapeurs* dans les Therm d'*esprit-de-vin*.

423. *k*. L'*air*, & les *vapeurs* dont il facilite la formation, produisent dans les Thermomètres d'*esprit-de-vin*, des phénomènes qui mériteroient d'être décrits, s'ils étoient aussi instructifs qu'ils sont singuliers. La plus petite bulle d'*air* qui se forme dans le tube, ou dans la boule, pendant que le Thermomètre est dans l'*eau bouillante*, suffit pour occasionner la formation de *vapeurs*, qui, se précipitant dans ce petit espace occupé par l'*air*, soulèvent brusquement l'*esprit-de-vin*. Si le tube est scellé, les *vapeurs* ne produisent qu'une simple séparation de la colonne d'*esprit-de-vin*, à laquelle on remédie, en faisant tourner le Thermomètre au bout d'une ficelle. Mais si le tube est encore ouvert, & que la petite bulle d'*air* se forme dans la boule, les *vapeurs* qui s'y accumulent chassent la liqueur au-dehors par un jet très-rapide. J'ai vu des Thermomètres qui, après avoir soutenu plusieurs fois la chaleur de l'*eau bouillante*, ne pouvoient plus la soutenir quelque tems après. Cet inconvénient a lieu dans la méthode de

Ils ne soutiennent pas constamment la chaleur de l'*eau bouillante*.

(a) Page 14 de l'Ouvrage déjà cité.

M. *Ducreſt* comme dans celle de M. *Durand.* Je l'ai éprouvé de celle-ci ; & M. *Ducreſt* en convient pour la ſienne (*a*).

423 *l.* Les phénomènes qu'on obſerve, en mettant les Thermomètres à l'*eau bouillante*, varient beaucoup, ſuivant la *liqueur* dont ils ſont faits : l'*eſprit-de-vin* altéré par l'évaporation, ou par des mélanges, ſupporte plus difficilement ce dégré de chaleur, que l'*eſprit-de-vin pur.* Plus il eſt affoibli, de quelque manière que ce ſoit, plus il contient d'*air* : l'*eau-de-vie*, par exemple, contient plus d'*air* que l'*eſprit de-vin*, mais moins que le *vin* ; & par cette raiſon un Thermomètre de *vin* eſt très-difficile à faire.

Plus l'*eſprit-de-vin* eſt foible, plus il eſt difficile de le purger d'*air.*

423 *m.* De tous les liquides dont j'ai fait des Thermomètres, celui qui m'a donné le plus de peine pour le purger d'*air*, eſt l'*eau ſalée.* L'huile demande beaucoup de tems, mais avec du tems on en vient aiſément à bout. Quant à l'*eau ſalée*, le tems ne ſuffit pas ; il faut encore beaucoup de ſoins & de travail. Les *vapeurs* de cette *eau* me paroiſſent douées d'une vertu expanſive, beaucoup plus grande que celles de toutes les autres liqueurs ; du moins cette eau produit plus aiſément des vapeurs que l'eau douce (*b*). Tant que mes Thermomètres d'*eau ſalée* renfer-

Il eſt très difficile d'en purger l'*eau ſalée.*

Ses *vapeurs* ont une très-grande force expanſive.

(*a*) Page 14.

(*b*) Il me ſemble, d'après ce que j'ai obſervé dans mon Thermomètre d'*eau ſalée*, que cette eau produiroit dans les *pompes à feu* des effets plus grands & plus prompts que ceux de l'*eau douce.*

moient de l'*air*, le simple contact de l'*eau bouillante*, y produisoit des pétillemens très vifs, occasionnés par des oscillations très-rapides. Cet effet provenoit des vapeurs, successivement produites par les lames extérieures de la liqueur, & condensées par les lames intérieures.

Il est difficile de régler tout Therm. qui n'est pas de *mercure*.

423 *n*. Je pourrois rapporter bien d'autres phénomènes singuliers, produits par l'*air* & les *vapeurs* dans les Thermomètres qui ne sont pas de *mercure* : mais je ne dois pas me permettre plus de détails sur cet objet. Il suffit d'avoir montré les difficultés qu'on éprouve, quand on veut faire supporter à ces Thermomètres la chaleur de l'*eau bouillante*. On verra dans la suite les erreurs qui en sont résultées.

Il est très-facile au contraire de régler les Therm. de *mercure*.

423 *o*. Le *mercure*, au contraire, supporte la chaleur de l'*eau bouillante* sans la moindre difficulté ; & c'est un point bien essentiel. Quand on connoît l'impatience de la plupart des amateurs, & le besoin que les artistes ont de leur tems, on sent que c'est gagner beaucoup pour l'exactitude, que de diminuer les difficultés, & d'abréger le travail.

Nouvelle raison de l'employer au Therm.

Troisiéme raison d'employer le mercure pour le Thermomètre. Il est de tous les liquides, le plus propre à mesurer de grandes différences de chaleur.

De tous les liquides propres au Thermomètre,

424. *a*. On a souvent besoin de mesurer des dégrés de chaleur, qui excèdent celui de l'eau bouillante. Le Thermomètre d'*esprit*-

de-vin devient alors absolument inutile. Les Thermomètres d'huile seroient propres à cet usage, s'ils n'avoient pas les défauts que j'ai indiqués. Le Thermomètre de *mercure*, qui n'a pas ces défauts, peut mesurer les plus hauts dégrés de chaleur de la plupart des liquides. Il soutient la chaleur de l'étain fondu, & parconséquent de tous les alliages de plomb, d'étain & des demi-métaux, en fusion. En un mot, quand il est bien purgé d'air, il supporte aisément une chaleur de 275 dégrés (de l'Echelle dont je parle toujours, où la température de la *glace qui fond* est à *zéro*, & celle de l'*eau bouillante* à 80). Je n'indique ce point, que parce que je l'ai éprouvé: car ce n'est pas là toute la chaleur que le *mercure* bien purgé d'air peut supporter sans bouillir. On a vu ci-devant (417 *g*.) que suivant M. *Braun*, cette chaleur va jusqu'à 300.

Le mercure est celui qui supporte le plus de chaleur.

424 *b*. D'un autre côté, l'expérience prouve que les Thermomètres de M. *de Réaumur* ne peuvent pas supporter seulement toute la diminution de chaleur qu'éprouve l'Atmosphère. Ceux que MM. les Académiciens François portèrent à *Tornéa*, se gelèrent à — 37 (*a*). Or nous avons des observations de bien plus grands *froids* naturels: M. *Ducrest* en cite une, d'après M. *Gmelin* dans sa *Flora Siberica*. Ce Professeur rapporte qu'étant à *Jenisci* en *Sibérie*, dans l'année 1735, le Thermomètre de M. *de Lisle* y descendit à 281

L'esprit-de-vin ne peut supporter toute la diminut. naturelle de la chaleur.

(*a*) *Figure de la Terre* par M. de *Maupertuis*, p. 56.

degrés, c'est-à-dire à — 60 de notre échelle (432 *f.*).

Prodigieuse diminut. de chaleur que peut supporter le *merc.*

424. *c.* Mais on peut produire artificiellement des diminutions de chaleur bien plus considérables, & qu'il est utile de mesurer. Le *mercure* nous servira encore à cet usage. J'ai donné ci-devant (415 *z.*) des raisons de croire qu'il se condense, sans *se geler*, jusqu'à 640 du Thermomètre de *de Lisle*, point qui correspond à peu-près à — 261 de notre Thermomètre.

Grande étendue de variation de chaleur que le *merc.* peut supporter.
C'est encore une propriété pour le Ther.

424 *d.* Voilà donc 300 + 261 = 561 *dégres*, que le Thermomètre de *mercure* peut indiquer, c'est-à-dire environ 7 *fois* la *différence* de la chaleur de la *glace qui fond* à celle de l'*eau bouillante*. Un liquide qui a cette propriété, mériteroit par cela seul d'obtenir la préférence pour le Thermomètre.

Quatriéme raison d'employer le mercure pour le Thermomètre. Ce liquide se conforme plus promptement que tout autre aux variations de la chaleur.

Le *merc.* se conforme plus promptement que tout autre *liquide* aux variations de la chaleur.

425 *a.* Un autre avantage considérable du *mercure* sur tous les autres *liquides*, c'est qu'il se conforme le plus promptement à la température des corps qui l'environnent; ce qui, dans la plupart des observations, épargne beaucoup de tems. Souvent même l'exactitude des observations dépend de la diligence.

Erreur de quelq. Physiciens à cet égard.

425 *b.* J'ai vu quelques Physiciens assurer, que l'*esprit-de-vin* se *réchauffe* & se *refroidit* plus promptement que le mercure. Sans

doute que, n'ayant pas eu occasion de consulter l'expérience, ils ont été entraînés par l'ancienne Théorie, qui supposoit que les tems des *échauffemens* & des *refroidissemens* étoient proportionnels à la *densité* des corps. Mais c'étoit une erreur.

425 *c.* M. *Ducrest*, qui emploie l'*esprit-de-vin*, par préférence, ne conteste pas cette propriété du mercure; mais il objecte: « qu'à calibre égal, il faut au Thermomètre d'*esprit-*» *de-vin* une boule huit fois plus petite qu'au » Thermomètre de *mercure*; & que par consé-» quent à tuyau égal, celui d'*esprit-de-vin* » parviendra tout au moins aussi vîte à son » point d'équilibre, que celui de *mercure* » (*a*). Il est vrai qu'à tuyau égal, si l'on vouloit encore une étendue égale de variation, on seroit obligé de faire la boule du Thermomètre de *mercure* huit fois plus grosse, que celle du Thermomètre d'*esprit-de-vin*, & qu'alors il y auroit compensation entre les différences des volumes & celles des *sensibilités* spécifiques. Mais M. *Ducrest* n'a pas fait attention, qu'on supplée à la moindre *dilatabilité* du *mercure*, par des tuyaux étroits: ce qu'on ne peut pas faire, pour suppléer à la moindre *sensibilité* de l'*esprit-de-vin*; parce que plus les tuyaux sont petits, plus l'erreur qui résulte de ce que l'*esprit-de-vin* s'y attache, devient grande. D'ailleurs il seroit impossible de faire supporter la chaleur de l'eau bouillante à des Thermomètres d'*esprit-*

Objeçt. de M *Ducrest* tirée de la moindre dilatabilité du *merc.* comparativ. à l'*esprit-de-vin*.

On peut remédier à la moindre *dilat.* du merc. mais non à la moindre *sensib.* de l'*esprit-de-vin*.

(*a*) Page 39 de l'Ouvrage déjà cité.

N iv

de-vin dont les tubes seroient capillaires : l'air ne pourroit en sortir, sans chasser la liqueur contenue dans le tube.

La moindre *sensib.* de *l'esprit-de-vin* a produit de la différ. entre les expér. de M. *Ducrest* & les miennes.

425 *d.* Je crois pouvoir attribuer en partie à la moindre *sensibilité* de *l'esprit-de-vin*, comparativement au mercure, la différence qui se trouve, entre la Table de M. *Ducrest* & la mienne, des dégrés correspondans des Thermomètres de *mercure* & d'*esprit-de-vin*. J'ai lieu du moins de le penser, en comparant nos expériences : voici celle de M. *Ducrest* (*a*).

Opération de M. *Ducrest*.

425 *e.* Il divisa en 100 parties égales l'intervalle compris entre la température de l'eau bouillante & celle des caves de l'Observatoire de Paris, sur deux Thermomètres, dont l'un étoit d'*esprit-de-vin* rectifié, & l'autre de *mercure* ; & il plongea ces deux Thermomètres dans un vâse plein d'eau, qu'il fit chauffer lentement. L'opération dura cinq heures, depuis le cinquième dégré jusqu'à l'ébullition de l'eau. Par cette expérience, que M. *Ducrest* réitera, il établit la correspondance suivante entre les *marches* de ces deux Thermomètres.

Corresp. qui en résulte entre les *marches* du *merc.* & de *l'esprit-d*[illegible].

(*a*) Page 39 de l'Ouvrage déjà cité.



	Esp.-de-v. dégrés.	*Différences égales.*	*Mercure. dég. min.*	*Différences en prog. arith.*
Eau bouillante.	100		100	
		10		7,36
	90		92,24	
		10		8, 8
	80		84,16	
		10		8,40
	70		75,36	
		10		9,12
	60		66,24	
		10		9,44
	50		56,40	
		10		10,16
	40		46,24	
		10		10,48
	30		35,36	
		10		11,20
	20		24,16	
		10		11,52
	10		12,24	
		10		12,24
Tempéré.	0		0	
		10		12,56
	10		12,56	
		10		13,28
	20		26,24	
		10		14,
	30		40,24	
		10		14,32
	40		54,56	
		10		15,4
	50		70,	
		10		15,36
	60		85,36	
		10		16, 8
	70		101,44	
		10		16,40
	80		118,24	
		10		17,12
	90		135,36	
		10		17,44
	100		153,20	

425 *f.* En comparant la quatrième colonne de cette Table, avec la seconde, on peut voir que les condensations du *mercure* vont en augmentant, suivant une progression arithmétique, comparativement à des condensations égales de l'*esprit-de-vin*. Ce n'est pas que M. *Ducrest* ait trouvé cette régularité dans

Rapport de *ces marches* selon M. *Ducrest.*

son observation, mais il lui a paru commode de l'admettre.

Réduct. de l'échelle de M. *Ducrest* à la mienne.

425. *g.* Pour comparer cette Table avec la mienne, il faut d'abord en réduire les termes à ce qu'ils seroient, si les Thermomètres de M. *Ducrest* avoient été divisés, comme les miens, en 80 *dégrés* entre les températures de la *glace qui fond* & de l'*eau bouillante*. Il suffit pour cela de savoir, que, dans le Thermomètre d'*esprit-de-vin* de M. *Ducrest*, la température de *la glace qui fond* est à $10\frac{1}{5}$ au-dessous de *zéro*; le reste découle des propriétés des progressions arithmétiques. J'ai trouvé, que suivant l'expérience de M. *Ducrest*, & en changeant l'Echelle comme je viens de le dire, les 5 premiers dégrés du Thermomètre d'*esprit-de-vin*, en partant du *zéro* de mon Echelle, correspondent à 6, 35 du Thermomètre de *mercure*, & que les termes suivans de ce dernier, correspondans aux dégrés du premier pris de 5 en 5, forment une progression arithmétique décroîssante, dont la différence est 0, 18.

Inversion de sa Table relative à des condens. égales de l'*esprit-de-vin*.

425 *h.* M. *Ducrest* ayant pris pour terme de comparaison des variations égales du Thermomètre d'*esprit-de-vin*, tandis que j'ai comparé les variations de ce dernier à des variations égales du Thermomètre de *mercure*, il faut faire à sa Table un autre changement, qui découle de cette question: *si les dilatations du Thermomètre de mercure, correspondantes à des dégrés égaux du Thermomètre d'esprit-de-vin pris de 5 en 5 en montant depuis le terme de la glace, suivent une progression arithméti-*

que décroîssante, dont le premier terme est 6, 35 & la différence commune 0, 18, quelle Loi suivront entr'elles les dilatations du Thermomètre d'esprit-de-vin, correspondantes aux dilatations du Thermomètre de mercure, de 5 en 5 dégrés de celui-ci? Si l'on nomme z les dégrés du Thermomètre de *mercure* au-dessus de zéro, & v les dégrés correspondans du Thermomètre d'*esprit-de-vin* audessus de même point; on aura, par l'expérience de M. *Ducrest*, $v = \frac{5}{9} \times (322 - \sqrt{103684 - 900z})$. Il faut donc substituer les nombres 5, 10, 15, 20 &c. jusqu'à 80, à la lettre z, pour avoir des valeurs de v, qui seront les dégrés du Thermomètre d'*esprit-de-vin*, correspondans aux dégrés 5, 10, 15, 20 &c. du Thermomètre de *mercure*.



Compar. des deux expér.

425 *i*. Voici le résultat du calcul, comparé à mon expérience.

	Mercure.	Esp.-de-v. par l'exp. de M. Ducrest.	Différence.	Esp.-de v. par mon expér.
Eau bouillante.	80	80,00	0,00	80,00
	75	73,21	0,59	73,80
	70	66,83	0,97	67,80
	65	60,80	1,10	61,90
	60	55,06	1,14	56,20
	55	49,57	1,13	50,70
	50	44,31	0,99	45,30
	45	39,24	0,96	40,20
	40	34,36	0,74	35,10
	35	29,63	0,67	30,30
	30	25,05	0,55	25,60
	25	20,60	0,40	21,00
	20	16,27	0,20	16,50
	15	12,05	0,15	12,20
	10	7,94	—0,04	7,90
	5	3,93	—0,03	3,90
Glace qui fond.	0	0,00	0,00	0,00

Le Therm. *d'esprit de-vin* de M. *Ducrest* est partout plus bas que le mien. La moindre *sensib.* de l'esprit-de-vin est une des causes de cette différence.

425 *k*. En comparant la seconde colonne de cette Table, avec la dernière, on voit que le Thermomètre d'*esprit de-vin* s'est tenu presque toujours plus bas dans l'expérience de M. *Ducrest*, que dans la mienne : les différences sont indiquées dans la troisième colonne. Ce sont ces différences que je crois pouvoir attribuer en partie à la différence de *sensibilité* du *mercure* & de l'*esprit-de-vin*.

J'ai dit que dans l'expérience de M. *Ducrest* la chaleur alloit en augmentant ; tandis qu'elle alloit en diminuant dans la mienne. Ainsi le Thermomètre d'*esprit-de-vin* de M. *Ducrest*, devoit rester toujours un peu trop bas, rélativement à son Thermomètre de *mercure*, parce que celui-ci se dilatoit plus promptement. Dans mon expérience, au contraire, où la chaleur alloit en diminuant, mon Thermomètre d'*esprit-de-vin* devoit rester un peu plus haut que mon Thermomètre de *mercure*, parce que le premier de ces liquides, se condensoit plus lentement que le dernier. Mais comme mon expérience dura beaucoup plus que celle de M. *Ducrest*, mon Thermomètre d'*esprit-de-vin* eut toujours plus de tems pour se conformer à la *marche* de celui de *mercure* ; & par conséquent l'erreur résultante de la moindre *sensibilité* du premier, doit être plus petite, & même insensible. Explication.

425 *l.* La comparaison de ces deux expériences fait connoître les erreurs où l'on peut tomber, en employant pour le Thermomètre un liquide qui tarde à recevoir les impressions de la chaleur ; & par conséquent elle montre l'avantage d'y employer le *mercure*. La grande *sensibilité* du *mercure* est donc un avantage.

425 *m.* Je ne crois pas cependant que toute la différence qui se trouve entre l'expérience de M. *Ducrest* & la mienne, provienne du défaut de *sensibilité* de *l'esprit-de-vin*. Si cela étoit, la différence seroit à-peu-près la même pour tous les dégrés : au-lieu qu'on la voit augmenter beaucoup en montant. C'est-à-dire, que le Thermomètre de M. *Ducrest*, Le défaut de *sensib.* de l'*esprit-de-vin* n'est pas la seule cause de la diff. des deux expér.

reste de plus en plus en arrière relativement au mien; jusqu'à-ce que par un effet de la construction des Echelles, dont le terme supérieur est indiqué par le même nombre, les différences vont en diminuant dans les derniers dégrés.

L'air laissé au haut du Ther. de M. *Ducrest* y contribue aussi.

425 *n*. Il y a donc une autre cause de différence, & je l'ai indiquée précédemment: c'est *l'air* que M. *Ducrest* laissoit dans le haut de ses Thermomètres, qui, résistant de plus en plus à l'ascension de l'*esprit-de-vin*, le comprimoit aussi de plus en plus, & forçoit même peut-être la boule à s'aggrandir, ou par l'extension du verre, ou du moins en prenant une forme plus sphérique.

Cinquième raison d'employer le Mercure *pour le Thermomètre. Tout* Mercure *a la même* marche *par les variations de la chaleur.*

Les Therm. d'*espr.-de-vin* ne sont d'accord que lorsque la liqueur est également *spiritueuse*.

426 *a*. La différence que produit dans la *marche* de l'*esprit-de-vin* son mélange avec l'*eau*, fait assez sentir que les Thermomètres faits de cette liqueur, ne peuvent s'accorder qu'autant qu'elle est également *spiritueuse*. Mais j'ai voulu savoir si les différences étoient sensibles.

Expér. sur des Ther. de *liqueurs* différemment *spiritueuses*.

426 *b*. J'ai donc fait une suite de Thermomètres, remplis de *liqueurs* différemment *spiritueuses*. J'ai observé leur *marche* comparativement à celles de l'*eau* & du *mercure*, dans de l'eau qui se refroidissoit, & avec les mêmes précautions qui j'ai détaillées ci-devant. Voici le résultat de cette expérience.

TABLE des dégrés correspondans de dix Thermomètres faits de liqueurs différemment spiritueuses & des Thermomètres d'Eau & de Mercure.

Mercure.	Esp. de v. distillé au bain de sable après avoir brûlé la poudre.	Esp. de v. qui brûl. la poud.	Esp. de v. rest. de la distill. au bain de sable.	Esp. de vin de M. *de Réaumur*, 5 p. d'es. d. v. & 1 partie d'eau.	3 Part. d'esp. de vin & 1 p. d'eau.	Eau-de-vie.	Esp. de vin aff. par l'évaporation.	1 Part. d'esp. de vin & 1 partie d'eau.	Vin vieux de Languedoc.	1 Part. d'esp. de vin & 3 p. d'eau.	Eau.
80	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0
75	73,8	73,8	74,0	73,9	73,7	73,4	73,4	73,2	72,4	71,6	71,0
70	67,6	67,8	67,9	67,8	67,5	67,4	66,9	66,7	64,3	62,9	62,0
65	61,5	61,9	62,1	61,8	61,5	61,4	61,0	60,6	56,6	55,2	53,[illegible]
60	55,5	56,2	56,4	56,2	55,8	55,6	55,0	54,8	49,5	47,7	45,8
55	50,3	50,7	50,8	50,5	50,2	49,8	49,3	49,1	42,5	40,6	38,5
50	45,1	45,3	45,5	45,0	44,9	44,4	44,0	43,6	36,2	34,4	32,0
45	40,0	40,2	40,2	39,8	39,7	39,2	38,9	38,4	30,1	28,4	26,1
40	35,0	35,1	35,2	35,0	34,8	34,2	34,0	33,3	24,6	23,0	20,5
35	30,1	30,3	30,0	30,1	29,8	29,4	29,2	28,4	19,9	18,0	15,9
30	25,5	25,6	25,2	25,5	25,2	24,7	24,6	23,9	15,3	13,5	11,2
25	20,9	21,0	20,6	20,8	20,7	20,3	20,2	19,4	11,2	9,4	7,3
20	16,5	16,5	16,3	16,3	16,2	15,9	16,0	15,3	7,7	6,1	4,1
15	12,0	12,2	11,9	11,9	11,8	11,8	11,6	11,1	4,9	3,4	1,6
10	7,9	7,9	7,9	7,9	7,7	7,7	7,6	7,1	2,3	1,4	0,2
5	3,9	3,9	3,9	3,9	3,8	3,8	3,8	3,4	0,9	0,1	— 0,4
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

426 c. On voit peu de différence entre les *marches* des trois premiers Thermomètres d'*esprit-de-vin*, & j'en fus surpris moi même au premier coup-d'œil. Mais je reconnus ensuite que les liqueurs dont ils étoient faits, quoique différemment nommées, ne différoient presque point. J'en fis brûler des volumes égaux dans un même vâse, & je ne trouvai aucune différence sensible dans la quantité de flegme qu'elles laissèrent : ou plutôt, il ne resta de chacune, au fond du vâse, qu'un

Remarq. sur 3 Ther. qui paroissent de liq. différ. & qui sont d'accord.

peu d'humidité, dont la quantité ne pouvoit être déterminée.

La simple *distillation* ne rectifie l'*esprit-de-vin* que jusqu'à un certain point.

426 *d.* Il me paroît donc que, lorsque l'*esprit-de-vin* est *déflegmé*, au point de brûler la poudre, il ne se rectifie pas sensiblement davantage, par la simple *distillation*. Le *flegme* monte avec l'*esprit*, par le dégré de chaleur qui produit des vapeurs visibles: il faut d'autres moyens pour les séparer, ce sont ceux qu'on emploie pour faire l'*alcohol* & l'*éther*.

L'évaporat. l'affoiblit beaucoup.

426 *e.* Mais si l'*esprit de-vin* qui monte par la *distillation* d'une masse qui brûloit la poudre ne diffère pas sensiblement du *résidu*, il n'en est pas de même de celui qui s'*évapore* naturellement. Dans la simple *évaporation*, l'*esprit*, qui est bien plus volatil que le *flegme*, s'échappe beaucoup plus aisément. Aussi voit-on que la *marche* du Thermomètre d'*esprit-de-vin évaporé*, diffère sensiblement de celles des précédens, & que ses dilatations vont même plus en augmentant, que celles de l'*eau-de-vie.*

Différ. entre les liqueurs différemm. spiritueuses.

426 *f.* Les autres Thermomètres font voir aussi quelles différences peuvent résulter de la plus ou moins grande quantité d'*esprit* que contient une liqueur.

L'esp.-de-vin dont on fait les Therm., peut différer beaucoup sans qu'on le sache.

426 *g.* Il est donc manifeste par ces expériences, que les Thermomètres d'*esprit-de-vin* ne peuvent être exactement d'accord, que lorsque la liqueur dont ils sont faits est précisément de même nature. Je conviens que les différences sont petites depuis l'*esprit-de vin* qui est près de bruler la poudre, jusqu'à

Jusqu'à celui qui est rectifié autant qu'il peut l'être par la simple distillation. Mais un défaut, quoique petit, n'est pas moins un défaut, & on doit l'éviter lorsqu'on le peut. D'ailleurs un *esprit-de-vin*, qui peut n'être pas originairement assez *pur*, qu'on colore de diverses manières, qu'on garde quelquefois longtems dans une bouteille peu remplie ou mal bouchée, ne peut-il pas s'affoiblir assez, pour avoir une *marche* sensiblement différente de celle d'un *esprit-de-vin* bien *rectifié*?

426 *h.* Lors donc qu'on achette un Thermomètre d'*esprit-de-vin*, sans l'avoir vu construire, & sans avoir éprouvé sa liqueur, c'est un instrument qui peut être trompeur pour des expériences délicates. On peut donc être trompé quand on les achette.

426 *i.* M. *de Réaumur* a reconnu lui-même (*a*), que la différence de *force* des *esprits-de-vin*, devoit produire de la différence, non seulement dans leur *dilatabilité*, mais encore dans ce que j'ai appelé leur *marche*. Il présumoit que leurs dégrés successivement correspondans ne devoient pas être proportionnels, mais qu'ils devoient être en raison composée des *dilatabilites* du *flegme* & de l'*esprit* dans chaque température. Il se fondoit, à cet égard, sur ce qu'il avoit reconnu que, dans les dégrés de chaleur que nous pouvons aisément supporter, la *dilatabilité* de l'*eau* est presque nulle, tandis, dit-il, *que peut-être s'en trouve-t-il entre les dégrés forts*, M. *de Réaumur* avoit connu ce défaut. Il croyoit que la *marche* des mélanges étoit en raison composée de celles des liq. mêlées.

(*a*) *Mém. de l'Acad.*, *&c.*, année 1730, *in-12*, page 701.

qui dilatent autant, ou preſqu'autant l'eau, qu'ils dilatent l'eſprit-de-vin. Partant de ce principe, il croyoit que dans les obſervations ordinaires, on ne devoit compter que la *dilatabilité* de l'*eſprit*, & non celle du *flegme*, & il indiquoit un moyen de trouver, d'après cette règle, les points correſpondans de Thermomètres faits d'*eſprit-de-vin* différemment *dilatables.*

Il donnoit une règle f[illegible] ur ce principe.

Mais par l'expér., le mélange participe plus de la *marche* de la liq. *ſpirit.*

426 *k.* Mais l'expérience prouve que la *marche* d'un mélange d'*eau* & d'*eſprit-de-vin* n'eſt point, comme le penſoit M. *de Réaumur*, en raiſon compoſée de celles de ces deux liqueurs. On peut voir dans la Table précédente, que le Thermomètre compoſé de parties égales d'*eau* & d'*eſprit-de-vin*, participe beaucoup plus de la *marche* de l'*eſprit-de vin*, que de celle de l'*eau*: & l'on voit la même choſe dans tous les autres mélanges.

D'ailleurs, il eſt difficile de connoitre la nature des mélanges.

426 *l.* D'ailleurs, le moyen indiqué par M. *de Réaumur* ſuppoſe que l'on peut connoitre aiſément la quantité de *flegme* que contient l'*eſprit-de-vin* qu'on emploie. Or à cauſe de la facilité avec laquelle l'*eſprit* s'évapore, il eſt très-difficile de connoître ce qu'il reſte d'*eſprit*, dans le Thermomètre même que l'on conſtruit avec le plus de ſoin. Et comment le connoîtra-t-on pour ceux qu'on achette?

Mais la *marche* de tout *mercure* eſt la même.

426 *m.* Il ſuffit au contraire qu'un Thermomètre ſoit fait de *mercure*, pour que, toutes choſes d'ailleurs égales, on ſoit aſſuré que ſa *marche* ſera entièrement ſemblable à celle de tout autre Thermomètre de *mercure.*

426 *n.* M. *Ducreſt*, qui préfère l'*eſprit-de-vin*

au *mercure* pour le Thermomètre (*a*), reconnoît cependant cette propriété importante du

Expér de M. *Ducrest*, qui le prouve.

(*a*) La principale raison qui a déterminé M. *Ducrest* à préférer l'*esprit-de-vin* au *mercure*, est relative à la mesure même de la chaleur; &, par conséquent, elle est de même nature que la première de celles que j'ai alléguées en faveur du *mercure*. Je vais rapporter la sienne, qu'on trouve à la page 16 de l'Ouvrage déjà cité.

C'est, dit-il, *parce que*, *relativement à nos sens*, l'esprit-de-vin *paroît être plus égal pour comparer le* froid *au* chaud, *& que le* mercure *se comprime à proportion beaucoup plus dant l'excès du* froid, *qu'il ne se dilate dans l'excès du* chaud.

Dans l'hypothèse de M. *Ducrest*, le *tempéré*, ou la température des souterrains profonds, est le point de séparation entre le *chaud* & le *froid*. Comparant ensuite *les deux excès du* chaud *& du* froid *dont nous avons des expériences*, *sçavoir*, *le point du* Sénégal *pour le* chaud, *& celui du voyage de* Kamchatka *pour le* froid, M. *Ducrest* trouve que *le Thermomètre d'*esprit-de-vin *donne pour le* chaud *du* Sénégal 29 *dégrés* $\frac{1}{4}$, *& pour le* froid *de* Kamchatka 46 *dégrés* $\frac{7}{8}$, *dans le tems que le Thermomètre de* mercure *donnera pour le* chaud *du* Sénégal 34 *dégrés* $\frac{2}{3}$, *& pour le* froid *de* Kamchatka 65 *dégrés ; ce qui fait*, dit-il, *un excès de* froid *presque double dans le* mercure, *au-lieu qu'il n'est guères plus que de la moitié dans l'*esprit-de-vin.

M. *Ducrest* faisant du *froid* une matière réelle, opposée dans ses effets à celle du *chaud*, regarde la température interne de notre globe comme un milieu exact entre les effets de ces deux causes externes, & le plus grand *chaud*, ainsi que le plus grand *froid*, observés à la surface de la terre, comme des extrêmes également distans de ce terme moyen.

Mais il me semble qu'il n'a pas fait attention que, dans son hypothèse, & en supposant même une intensité égale dans ces extrêmes opposés, il faudroit prouver encore qu'il y a égalité de durée dans leur action, que notre globe est également perméable à deux matières si différentes, & qu'il ne renferme pas des causes de chaleur

dernier. Il rapporte à ce sujet, « qu'ayant rem» pli par trois fois le même Thermomètre, de » trois diverses sortes de mercure, dont l'un » différoit sensiblement des autres en finesse & » fluidité, & l'ayant chaque fois règlé au » tempéré au même point, il trouva que l'eau » bouillante s'accordoit aussi au même point » (*a*). Cette expérience n'indique proprement qu'une égale *dilatabilité*, mais on peut en inférer, indépendamment des expériences immédiates, que la *marche* de tout *mercure* est uniforme.

Cette propriété découle de l'homogénéité du *mercure*.

426 *o*. Nous avons une certitude de cette propriété, dans la nature même du *mercure*. Ce qui produit de la variété dans les *marches* de liqueurs qui portent le même nom, (comme les différentes espèces d'*huiles* & de *liqueurs spiritueuses*) c'est qu'elles sont toutes *composées*, & que, dans chaque espèce, la *composition* varie, sans qu'on puisse l'appercevoir que par des expériences très-délicates. Le *mercure*, au contraire, est un liquide *homogène* : il ne se mêle qu'avec bien peu d'autres liquides; & s'il

---

indépendantes de celles qui agissent au-dehors. Il y auroit donc trop d'incertitude en tout cela, pour qu'on pût regarder avec fondement la température de notre globe, comme l'effet moyen de deux causes, uniques, extérieures, opposées, égales en puissance, en supposant même que l'existence de celle du *froid*, comme matière distincte, fût seulement probale.

Les autres objections que fait M. *Ducrest* contre le Thermomètre de *mercure*, ne sont tirées que de quelques difficultés de construction que j'espère applanir.

(*a*) Page 24 de l'Ouvrage déjà cité.

est amalgamé avec quelque matière hétérogène, on s'en apperçoit bientôt par la diminution de sa liquidité.

Le *mercure* mérite donc à tous égards une préférence *exclusive* pour le Ther.

426 *p*. Si je voulois entrer dans de plus grands détails, je pourrois alléguer en faveur du *mercure*, bien d'autres raisons, qui, quoique moins essentielles, ne laisseroient pas de mettre un nouveau poids dans la balance. Mais je ne pense pas qu'il en soit besoin, celles que j'ai alléguées suffisent pour assurer à ce liquide une préférence *exclusive* dans la construction du Thermomètre (*a*).

Cette *exclusion* de toute autre matière est absolument nécessaire pour éviter l'erreur.

426 *q*. Il est certain qu'on ne se mettra point à l'abri de l'erreur, tant qu'on ne sera pas parvenu à cette *exclusion*. Jusqu'alors l'*uniformité* des *Thermomètres* dépendra toujours d'une connoissance des rapports entre les *marches* des différens *fluides*, d'une attention, d'une patience, d'une dextérité ; & même d'une bonne-foi, qu'on ne peut attendre de tous les Artistes.

Des termes fixes *du Thermomètre.*

Il faut aussi décider quels seront les *termes fixes* du Therm.

427 *a*. En même tems qu'on déterminera le *fluide* qui devra être employé dans le *Thermomètre commun*, il faudra fixer aussi les *termes* de chaleur qui serviront de bâse à sa gradua-

(*a*) Un Amateur de la Physique, à qui je communiquois mes remarques sur les avantages qu'on peut retirer de l'emploi du *mercure* dans la mesure de la chaleur, les sentit si vivement, qu'il s'écria : *certainement la nature nous a donné ce minéral pour faire des Thermomètres !*

tion. Aujourd'hui qu'on croît avoir ces *termes*, on fait peu d'attention aux incertitudes dans lesquelles ont flotté à cet égard les hommes les plus célèbres, non plus qu'à l'espèce d'anarchie qui en est résultée, & dont nous ne sommes point encore sortis.

Histoire des tentatives pour avoir une *échelle fixe* dans cet instrument.

427 *b*. Je n'entreprendrai pas l'histoire détaillée des tentatives qu'on a faites pour avoir une *échelle* fixe à cet instrument. Je me propose seulement d'en rapporter les principales époques. Ce sera l'occasion de faire connoître plus en détail la grande diversité des instrumens qui ont été employés à la *mesure* de la *chaleur*.

Des principaux THERMOMÈTRES qui ont été construits jusqu'à présent.

Echelle *arbitraire* des premiers Ther.

428 *a*. C'étoit peu d'avoir des instrumens qui indiquassent des différences dans la *chaleur*, tant que ces instrumens n'étoient pas semblables, & que l'expression *dégré du Thermomètre* n'avoit pas un sens déterminé.

Renaldini vit le premier la nécessité de la déterminer.

428. *b*. La première trace que j'aie trouvée de quelque tentative pour donner au Thermomètre des *termes fixes*, & à ses dégrés un *rapport connu* avec la distance de ces *termes*, c'est le projet de *Renaldini*, dont j'ai fait mention ci-devant (422 *d*). Il proposoit déja en 1694, de marquer sur le Thermomètre les points où il se tiendroit dans la *glace* & dans l'*eau bouillante*, & de diviser l'intervalle de ces points en un nombre *fixe* de parties. Il me paroît donc que nous devons à ce Physicien l'idée de ce qu'on a fait de mieux jusqu'à

En 1694.

présent pour perfectionner le Thermomètre; & que, si l'on y a ajouté quelque chose dès-lors, ce n'est qu'un peu plus d'exactitude dans la définition des mêmes *termes*; encore est-on bientôt retombé dans la confusion.

428 *c. Newton* parvint peu de tems après, mais par une autre route, au but que *Renaldini* s'étoit proposé. Il avoit senti comme lui la nécessité de bannir du Thermomètre les mesures arbitraires.

Therm. de *Newton*, en 1701.

En 1701, il donna, dans les *transactions philosophiques* (*a*), une table de divers dégrés de chaleur qu'il appeloit *constans*; & il exprima ces *quantités* de chaleur par les dégrés d'un Thermomètre d'*huile de lin*, dont voici la construction.

Il étoit *d'huile de lin.*

Ses *termes fixes à son échelle.*

428 *d.* La température de la *neige qui fond*, en étoit la bâse. *Newton*, supposant que le *volume* de son *huile de lin* étoit divisé en 10000 parties à cette température, chercha quel *volume* occupoit cette liqueur à la *chaleur du corps humain*, & il le trouva de 10256 des mêmes parties. Il appela *zéro*, le volume 10000; & 12, le point où le volume de l'*huile de lin* avoit augmenté de $\frac{256}{10000}$. Tel fut le fondement de son *échelle.*

Déterminat. de quelques *dégr constans de chaleur.*

428 *e.* Il employa principalement ce Thermomètre à mesurer certains dégrés de chaleur, qu'il regardoit comme *fixes*, & il les exprima par des dégrés qui avoient toujours le même rapport avec les augmentations de *volume* de l'*huile de lin.* Il plongea, par exemple, son

(*a*) N°. 270.

Thermomètre dans l'*eau qui bout fortement* : le volume de l'*huile de lin* y augmenta de $\frac{725}{10000}$; & faisant, 256 : 12 : : 725 : 34, il appela 34 la chaleur de l'*eau bouillante*. L'étain fondu qui commence à se refroidir, augmentoit le volume de la même *huile* de $\frac{1516}{10000}$: or 256 : 12 : : 1516 : 72. Il appela donc 72, le dégré de chaleur de *l'étain qui se refroidissant a acquis la consistance d'un amalgame*.

Prolongation de l'échelle.

428 *f*. On voit que les principes de l'*échelle* de *Newton* étoient fort simples. En marquant *zéro* à la température de *la neige*, ou de *la glace qui fond* (438 *h*) ; & 12 à celle du *corps humain*. Il suffisoit de diviser cet intervalle en 12 parties égales, pour avoir toute l'*échelle* de ce Thermomètre. Deux suites de mêmes dégrés, en montant & en descendant, indéterminées quant à leur étendue, la finissoient.

Remarques sur cette première tentative.

428 *g*. On verra par la suite que le *premier terme* choisi par *Newton*, est le plus *fixe* qu'on ait trouvé, & qu'en s'en écartant, on est tombé dans bien des erreurs. Mais on est surpris que ce grand-homme n'eût pas vu, qu'il convenoit de choisir un *second terme* plus éloigné du premier, pour obtenir plus de sûreté dans la détermination des dégrés de son *échelle* ; & qu'il n'eût pas apperçu que la chaleur de l'*eau bouillante* pouvoit le lui fournir. Il paroît plus surprenant encore, qu'il appelât la chaleur *double*, *triple*, &c : celle qui étoit exprimée par des nombres de dégrés *doubles*, *triples*, sur son échelle ; comme si le *zéro* de son Thermomètre eût été le *zéro* de la chaleur. Mais lorsqu'on se transporte au tems où *Newton*

ouvrit cette carrière, la surprise cesse; & il paroît dans ces recherches, tel qu'il a été par-tout.

429 *a*. M. *Amontons* reconnut, à-peu-près dans le même tems, le défaut des premiers Thermomètres. Il sentit le besoin de choisir un point fixe de température, & de donner aux dégrés de l'échelle, une grandeur relative à quelque chose de déterminé.

M. *Amontons* vit aussi le besoin de rendre *fixe l'échelle* du Thermom.

429 *b*. Les expériences qu'il avoit faites sur l'augmentation que reçoit l'*air* dans sa *force élastique*, par l'augmentation de la chaleur, lui fournirent un moyen de perfectionner le Thermomètre. Ce fut en 1702. Le Mémoire qu'il remit sur ce sujet à l'Académie Royale des Sciences de Paris dont il étoit Membre, est plein de choses ingénieuses, quoiqu'écrit assez obscurement.

Il en trouva un moyen dans ses exp. sur l'augmentation de *force élastique de l'air*, par la *chaleur*. En 1702.

429 *c*. Je ne rapporterai pas les détails de la fabrication de ce Thermomètre; comment, par exemple, M. Amontons y condensoit l'air: on les trouvera, s'il est besoin, dans son Mémoire. C'est de son *échelle* seulement qu'il s'agit ici.

Terme fixe unique de son échelle; la chaleur de *l'eau bouill.*

Le but de M. *Amontons* étoit de *mesurer la chaleur*, par le dégré de *force élastique* qu'elle donne à l'*air* (421 *b*). Pour cet effet il en comprimoit une certaine quantité, par les poids réunis d'une colonne de *mercure* & de l'atmosphère dans une boule soufflée à l'extrémité inférieure recourbée d'un long tube. Il choisit pour premier terme de son *échelle*, le poids que soutenoit l'air renfermé dans son Thermomètre, lorsqu'il étoit échauffé par l'*eau bouillante*. Son Thermomètre y étant plongé, il en ôtoit, ou il y mettoit du mercure, jusqu'à ce

que, faisant une somme de la hauteur du mercure dans son tube, & de sa hauteur dans le Baromètre au moment de l'observation, cette somme fût égale à 73 pouces. Il falloit une détermination à cet égard, parce que M. *Amontons* avoit trouvé, que l'augmentation de *force élastique* de l'air par une augmentation de chaleur donnée, est proportionnelle au poids dont il est chargé (461 *o*).

Formation de son *échelle*.

429 *d*. Il marquoit donc 73, au point que la colonne de mercure atteignoit lorsque le Thermomètre étoit plongé dans l'*eau bouillante*. Si dans ce moment-là le Baromètre étoit à 28 pouces, la hauteur de la colonne de mercure du Thermomètre, au-dessus de son niveau dans la boule, étoit de 45 pouces; si la hauteur du Baromètre étoit moindre d'une certaine quantité, la colonne du Thermomètre devoit être plus grande de la même quantité, & réciproquement. M. *Amontons* formoit ensuite son *échelle*, en supposant que le poids de l'atmosphère étoit toujours égal à celui d'une colonne de mercure de 28 pouces. Il divisoit d'abord cette *échelle* en pouces, de haut en bas, en partant de ce premier point 73; & les nombres successifs étoient 72, 71, 70. Il subdivisoit ensuite les *pouces* en *lignes*. Mais comme le poids de l'atmosphère est variable, il falloit observer le Baromètre en même tems que ce Thermomètre, pour ajouter à l'indication de ce dernier sur son *échelle*, ou en soustraire ce dont le mercure étoit au-dessous ou au-dessus de 68 *pouces* dans le Baromètre.

Sa manière

Les variations de la chaleur étoient donc

exprimées ſur ce Thermomètre, par les poids différens que l'air renfermé y ſoutenoit; & ces poids étoient indiqués par les *nombres* de l'*échelle* vis-à-vis deſquels la colonne de mercure ſe fixoit, ſauf la correction à faire pour la différence, entre la hauteur obſervée du Baromètre, & celle de 28 *pouces*. La température des *caves de l'Obſervatoire de Paris*; par exemple, étoit exprimée par 54 *pouces*; & celle de l'*eau qui ſe gèle*, par 51 ½.

d'exprimer les dégrés de chaleur.

429 *e*. M. *Amontons* ayant employé ce Thermomètre à diverſes obſervations, découvrit bientôt combien il étoit incommode pour l'uſage ordinaire (421 *d*); & dès l'année ſuivante, il penſa à en tranſporter les avantages ſur le Thermomètre d'*eſprit-de-vin*, en réglant celui-ci par comparaiſon avec l'autre (*a*). Mais je l'ai dit, il diviſa auſſi en parties égales l'*échelle* du Thermomètre d'*eſprit-de-vin*; ce qui me donne peu d'idée de l'exactitude de ſon Thermomètre d'*air* (421 *u*).

M. *Amontons* employoit ſon Therm. d'*air* à graduer des Ther. d'*eſprit-de-vin*.

429 *f*. Ce Thermomètre coûta ſûrement bien plus à imaginer que celui de *Newton*, & celui-ci cependant étoit bien préférable. Il avoit même déjà un tel dégré de perfection, qu'en conſidérant ſéparément chacun des Thermomètres, qui dès lors ont fait quelque ſenſation parmi les Phyſiciens, je ne vois pas qu'il y en ait aucun qui ait de l'avantage ſur celui de *Newton*, pour les principes: la ſubſtitution ſeule du *mercure* à l'*huile de lin*, eſt un pas de plus vers la

Le Therm. de *Newton* étoit préférable.

La ſubſtitut. ſeule du *mercure* à l'*huile de lin* a été dès-lors un pas de plus.

(*a*) *Mém. de l'Académie Royale des Sciences*, année 1703.

perfection. Car quoique *Newton* n'eût pas pris la *chaleur de l'eau bouillante* pour un de ses deux *termes fixes*, comme cependant il avoit marqué ce dégré de chaleur sur son Thermomètre (428 *e*), on pouvoit s'en servir dans la suite à le construire.

Fahrenheit fit le premier cette substitution.

430 *a*. Ce fut *Fahrenheit*, à ce qui m'a paru, qui le premier employa le *mercure* à la mesure de la chaleur. Il fit mention de son Thermomètre, dans un Mémoire qu'il présenta à la *Société Royale* de Londres en 1724, sur les divers dégrés de chaleur de quelques liquides bouillans (*a*).

En 1724.

Termes fixes de son Ther. *la congélation forcée par le sel ammoniac* & *l'eau bouil.*

430 *b*. Ce Thermomètre, (qui est encore fort en usage dans les pays du Nord) a pour *termes fixes*, la *congélation forcée par le sel ammoniac* (*b*), & la *chaleur de l'eau bouillante*. L'intervalle de ces deux points est divisé en 212 parties égales. Le *zéro* est au premier de ces *termes*, & le dégré 212 au dernier. Ce nombre de parties étoit déterminé par l'augmentation qu'éprouvoit le mercure dans son volume, en passant de l'une de ces températures à l'autre. Supposant le volume du mercure divisé en 11124 parties, quand le Thermomètre étoit à *zéro*, il devenoit $11124 + 212 = 11336$, quand on plongeoit le Thermomètre dans l'*eau bouillante*. C'est ainsi du moins que le disent

Formation de son échelle.

(*a*) *Transf. Philos.*, N°. 381.

(*b*) *Fahrenheit* choisit la *congélation forcée par le sel ammoniac* pour le *zéro* de son Thermomètre, parce qu'il crut que c'étoit le plus grand dégré de *froid* qu'on pût produire.

Boërhaave (*a*) & *Musschenbroek* (*b*). Cependant *Boerhaave* lui-même suppose quelquefois une autre division du volume primitif du mercure, en conservant cependant 212 parties de ces différentes divisions, depuis *zéro* à l'*eau bouillante* (*c*); mais ces différences ne font rien à la formation de l'échelle (432 *h*).

431 *a*. Je ne m'étendrai pas ici sur le Thermomètre de M. *de Réaumur*, qui vint après celui de *Fahrenheit*. Ce Thermomètre étant le plus renommé, mérite un examen approfondi; & je le fèrai (440 & *suiv*). Therm. de M. *de Réaumur*.

431 *b*. Ce fut en 1730 que son Auteur le fit connoître dans les *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences* de Paris. On y voit tous les procédés qu'il employa, tant pour trouver dans la *glace mêlée de sel marin*, & dans l'*eau bouillante*, des *termes fixes* de température; que pour déterminer de combien de parties le volume de l'*esprit-de-vin affoibli*, dont il fit son Thermomètre, augmentoit d'une de ces températures, à l'autre. En 1730. Il étoit d'*esprit-de-vin affoibli*.

431 *c*. M. *de Réaumur*, d'après ces expériences, fit le volume de sa liqueur égal à 1000, lorsqu'elle étoit exposée au *froid qui suffit pour geler l'eau*. Il plaça à cette température le *zéro* de son échelle. Et comme il avoit trouvé que le volume de sa liqueur, *près de bouillir*, étoit 1080, il appela 80 le Ses *termes fixes*: le *froid qui suffit pour geler l'eau*, & *la chaleur de son esprit-de-vin près de bouillir*. Formation de son échelle.

(*a*) Chym. 1, pag. 174.
(*b*) *Essais de Physique*, § 948.
(*c*) MARTINE, *Dissertations sur la Chaleur*, &c. in-12, pag. 39.

point correspondant à cette augmentation de volume. Il divisa ensuite en 80 parties égales, l'intervalle de ce point à *zéro*. La grandeur des dégrés étant ainsi déterminée, il prolongea son échelle au-dessous de *zéro*, autant qu'il fut besoin. Voilà une esquisse de ce Thermomètre ; elle diffère beaucoup de ce qu'on entend communément aujourd'hui par *Termomètre de M. de Réaumur*, comme on le verra dans la suite.

Therm. de *de Lisle*. En 1733.

432 *a*. En 1733, M. *de Lisle*, Professeur en Astronomie dans l'Académie des Sciences de St.-*Petersbourg*, présenta à cette Académie la description d'un autre Thermomètre, où l'on retrouve à-peu-près les mêmes principes que dans les précédens; mais différemment appliqués (*a*). Ce Thermomètre étoit de *mercure*, comme celui de *Fahrenheit*, & ses dégrés étoient aussi des parties aliquotes du volume de ce liquide. Mais dans celui-ci, l'exactitude du rapport de ces parties avec le tout, étoit d'une nécessité absolue: de ce rapport, & d'un seul *terme fixe*, dépendoit toute sa division.

Il est de *mercure*.

Il n'a qu'un *terme fixe* : la chal. de l'*eau bouillante*.

432 *b*. Ce *terme fixe* étoit la *chaleur de l'eau bouillante*. M. *de Lisle* supposoit divisé en 100000, ou seulement en 10000 parties, le volume du mercure, lorsqu'il y étoit plongé. Il plaçoit à cette température, le *zéro* de son

---

(*a*) *Mémoires pour servir à l'Histoire & aux progrès de l'Astronomie & de la Géographie physique*, &c., par M. DE LISLE. *St.-Petersbourg*, 1738, *in-4°.*, page 267.

échelle, qui par conséquent étoit numérotée en descendant. Les degrés devoient être des parties connues de ce premier volume: quand il étoit supposé de 100000 parties, les dégrés étoient des 100000[mes], & les traits n'étoient tracés que de 10 en 10 dégrés: mais lorsqu'il n'étoit supposé que de 10000 parties (cette division a été la plus ordinaire), chaque trait marquoit un dégré, soit $\frac{1}{10000}$ du volume du *mercure* échauffé par l'*eau bouillante*.

Ses dégrés sont des parties aliquotes du volume du mercure.

432 *c*. Pour déterminer l'étendue des dégrés de chaque Thermomètre, M. *de Lisle* pésoit d'abord le verre vuide, puis il le pésoit entierement plein de *mercure*, dans la température actuelle de l'air. La différence de ces deux poids lui donnoit celui du *mercure*. Il exposoit ensuite ce Thermomètre à la chaleur de l'*eau bouillante*, & il recevoit soigneusement tout le *mercure* que cette augmentation de chaleur en faisoit sortir. C'étoit cette partie du *mercure*, qui devoit fournir la grandeur des dégrés de l'échelle. Pour cet effet, M. *de Lisle* pésoit exactement ce *mercure sorti*, & déduisant son poids, du poids total, il faisoit le *reste*, c'est-à-dire, ce qui en étoit resté dans le Thermomètre, égal à 10000: après quoi il cherchoit par le calcul, combien le mercure *sorti* faisoit de 10000[mes] parties de celui qui étoit *resté*. Quand le *mercure* s'étoit condensé au même point qu'il l'étoit avant d'être plongé dans l'eau bouillante, M. *de Lisle* marquoit sur la monture du Thermomètre, le point où il étoit fixé, & il divisoit l'intervalle compris entre ce point & l'ex-

Opération pour les déterminer.

trêmité supérieure dn tube, en autant de parties, que le mercure *sorti* contenoit de 10000mes du mercure *resté*. Cette division déterminoit la grandeur des dégrés de son *échelle*, qui, partant du sommet du tube, se prolongeoit à volonté en descendant.

Difficulté de bien construire ce Therm.

432 *d*. On voit assez combien il étoit difficile de bien construire ce Thermomètre, il ne pouvoit même avoir quelque exactitude, qu'en le faisant très-grand, & en le rendant par cela même très-peu *sensible*. Aussi M. *de Lisle* ne construisoit-il par cette méthode, que des *étalons*, dont il se servoit pour régler de plus petits Thermomètres, par comparaison avec ceux-là.

Défaut provenant de la *dilatabilité du verre*.

432 *e*. Ce Thermomètre avoit un autre défaut, auquel il étoit impossible de remédier. La dilatation apparente du *mercure* n'étant que l'excès de sa dilatation réelle sur celle du *verre* qui le renferme, ces Thermomètres ne pouvoient être semblables, qu'autant qu'ils étoient tous de même grandeur & figure, & de verres d'une égale *dilatabilité*. Or cette dernière condition, surtout, étoit impossible; parce que les *verres* de différentes verreries, n'ont presque jamais un même dégré de *dilatabilité*. C'est de-là que procède l'impossibilité qu'il y a quelquefois à les souder ensemble. Ils se réunissent bien, lorsqu'ils sont ramollis par la chaleur; mais quand ils se refroidissent, l'un des deux se condensant plus que l'autre, il en résulte des tiraillemens qui les séparent, ou dans l'instant même, ou par le plus léger effort.

Les *verres* différens ont rarement une égale *dilatabilité*.

432 *f*.

432 *f.* C'est probablement à cause de ces différénces de *dilatabilité* des differens *verres*, qu'on n'est pas d'accord sur le point auquel la *congélation* réduit le Thermomètre de M. *de Lisle*. M. *Martine* rapporte (*a*) que sur les *étalons* de l'Auteur même, ce point étoit à 150 : c'est-à-dire, que le volume du mercure diminuoit de $\frac{150}{10000}$, en passant de l'*eau bouillante* à la *congélation*. M. *Ducrest*, qui a fait avec beaucoup de soin, des expériences semblables à celles de M. *de Lisle*, a trouvé que ce point de la *congélation*, ou de la *glace fondante*, devoit être au moins à 154 (*b*). Pour qu'il y ait eu cette différence, dans des expériences que je suppose faites avec le même soin, il faut, ou que la boule du Thermomètre qu'employa M *Ducrest* fut plus grosse, ou que le vrere dont cette boule étoit faite fut moins dilatable, que dans l'expérience de M. *de Lisle*, l'une & l'autre de ces différences contribuant à augmenter la *dilatabilité* apparente du *mercure* (*c*).

Incertitude occasionnée par ces différences, dans la fixation du terme de la *congélation* sur ce Ther.

Fixations différentes de MM. *de Lisle* & *Ducrest*.

(*a*) *Dissertations sur la Chaleur. &c.*, pag. 48.

(*b*) *Recueil de Pièces sur le Thermomètre*, *&c.*, page 25.

(*c*) J'ai vu dans le Mémoire cité de M. *de Lisle*, qu'il avoit pensé de faire servir son Thermomètre à la correction des effets de la chaleur sur le Baromètre, en ramenant toutes les observations de ce dernier à ce qu'elles seroient, si le mercure qu'il contient étoit échauffé par le dégré de chaleur de l'eau bouillante.

J'aurois fait mention dans ma première PARTIE de ce projet de M. *de Lisle*, comme étant antérieur à mes propres expériences, si cette PARTIE n'eût été imprimée plusieurs années avant que le Mémoire de M. *de Lisle*

La dilatabilité du verre s'oppose à toute graduation qui dépend d'un rapport avec le volume du liquide.

432 *g*. Cet effet de la dilatation du verre, rendroit toujours incertaine toute construction du Thermomètre qui seroit fondée sur le rapport de ses dégrés avec le volume du liquide; surtout en employant le mercure, dont la dilatabilité est moindre que celle de tous les autres liquides. Le Thermomètre de M. *de Réaumur* avoit le même défaut, quoiqu'à un moindre dégré que le Thermomètre de M. *de Lisle*, à cause de la grande dilatabilité de l'esprit-de-vin.

Par cela même il faut toujours *deux termes fixes*.

432 *h*. Il est donc toujours plus sûr, de chercher deux *termes fixes* de chaleur, qui puissent être marqués sur le *Thermomètre*, c'est-à-dire sur le composé du *verre* & du *liquide*, dont les dilatations combinées doivent indiquer les autres dégrés de chaleur. Et voilà ce que fit *Newton* en ouvrant la

---

m'ait été connu. J'ignore s'il a exécuté son projet; & peut être que, s'il l'a entrepris, il a trouvé autant de difficulté, que ceux dont j'ai rapporté ci-devant les tentatives, qui ont été trompés par le Baromètre (105 & *suiv.*)

Il falloit être plus sûr qu'on ne l'étoit dans la construction de cet instrument, pour parvenir à le corriger par le Thermomètre. Et d'ailleurs, les expériences de M. *de Lisle*, faites sur du mercure contenu dans une boule de verre dilatable, ne pouvoient point être appliquées à la dilatation du mercure dans le Baromètre, où rien ne la modifie que sa suspension dans le *vuide*, modification que les expériences faites dans le Thermomètre n'expriment point. Pour découvrir les effets de la chaleur sur le Baromètre, il falloit les étudier dans le Baromètre même. Aussi le résultat de mes expériences differe-t-il beaucoup de la règle que M. *de Lisle* eût suivie d'après son Thermomètre.

carrière. Car s'il eut égard au volume de la liqueur dans sa division, ce fut simplement pour que le nombre de ses dégrés ne fût pas absolument arbitraire. *Fahrenheit* ne considéra non plus le volume du mercure dans son Thermomètre, que par la même raison : il avoit deux *termes fixes*, qui déterminoient immédiatement l'étendue de ses 212 dégrés.

433 *a.* M. *Micheli Ducrest* mon concitoyen, qui fit en 1740 une autre espèce de Thermomètre, employa aussi deux *termes fixes* (*a*). Il auroit été très-capable, par sa patience, son adresse & sa sagacité, de porter cet instrument à un très-haut dégré de perfection, s'il n'eût été entraîné par quelques préjugés, surtout à l'égard d'un certain rapport qu'il imaginoit, entre la température intérieure du globe terrestre, & les effets de ce qu'il appelloit les *matières du froid* & du *chaud*, dont il croyoit que cette température étoit *le milieu*. Il conclut de-là singulièrement, que l'*esprit-de-vin* étoit le liquide le plus propre au Thermomètre, & que le *zéro* de son échelle devoit être à la *température du globe terrestre* (426 *n. note*). Il marqua cette température sur ses Thermomètres, dans les *Caves de l'Observatoire Royal de Paris*, parce que ce fut à Paris qu'il s'occupa principalement de cet objet. Mais il croyoit qu'on devoit la trouver dans tous les souterrains & les puits profonds. Son

Therm. de *Ducrest.* En 1740.

Il est d'*esprit-de-vin.*

L'un de ses *termes fixes* est *la température des lieux profonds.*

(*a*) *Recueil de Pièces sur le Thermomètre, &c.* page 1 & suiv.

zéro étoit placé à ce point, qu'il appeloit le *tempéré*.

L'autre est *la chaleur de l'eau bouill.*

433 *b*. L'autre *terme fixe* étoit la chaleur de l'*eau bouillante*. Il y plongeoit son Thermomètre, qui, quoique d'*esprit-de-vin*, supportoit ce dégré de chaleur. J'ai dit ci-devant par quel moyen il le lui faisoit supporter, sans que l'*esprit-de-vin* s'élançât (*423 g.*).

Division de son *échelle*.

Il divisoit en 100 parties égales, l'intervalle compris entre ces deux points. Les dégrés dans cette portion de l'échelle étoient numerotés en montant, & il les appelloit *dégrés de chaud*. Il prolongeoit ensuite l'échelle au-dessous de *zéro*: les dégrés de cette portion étoient numerotés en descendant, & il les appelloit *dégrés de froid*.

Changement fait par M. *Ducrest* dans la fabrication de son Ther.

433 *c*. Quoique ce soit-là les principes distinctifs de son Thermomètre, principes auxquels il s'est montré fort attaché, j'ai sçu par des ouvriers qui ont travaillé pour lui, qu'il avoit abandonné le *tempéré*, comme moyen de construction, & qu'ayant trouvé que ses Thermomètres se tenoient à 10 $\frac{2}{5}$ *dégrés de froid* dans *la glace qui fond*, il l'employoit pour les régler.

Autres Ther. moins réguliers que les précédens.

434 *a*. Outre les Thermomètres que je viens de décrire, on en a fait plusieurs autres, que je me contenterai d'indiquer d'après M. *Martine*; parce que leurs principes sont trop peu fixes, pour que j'eusse puisé plus de lumières aux sources.

Therm. de *Florence*.

434 *b*. Les *Académiciens de Florence*, dont on parloit beaucoup autrefois, à l'occasion

du Thermomètre, en avoient construit deux; le *grand* & le *petit*. Ils étoient tous deux d'*esprit-de-vin*. Ce qu'on sçait de moins incertain sur la graduation de ces Thermomètres, c'est que *la glace* (probablement en état de fusion) réduisoit *le grand* à 20, & *le petit* à 13 ½, & que *la chaleur naturelle d'une vache & d'un cerf*, faisoit monter *le grand* à 80 & *le petit* à 40.

434 *c.* L'*ancien Thermomètre de l'Observatoire, de Paris*, fait par M. *de la Hire*, est aussi d'*esprit-de-vin*. On trouve dans les ouvrages de son Auteur, qu'il se tenoit à 48 dans les *Caves de l'Observatoire*, & que son 28me. *dégré* correspondait à 51 *pouc.* 6 *lig.* dans le Thermomètre de M. *Amontons*, & par conséquent à la température où l'*eau commence à se geler*. *Ancien* Ther. de l'*Observ. de Paris.*

434 *d.* Le Marquis de *Poleni*, qui a donné beaucoup d'observations météorologiques, employa à ces observations un Thermomètre d'air, construit à la manière de M. *Amontons*: mais il y mit moins de mercure. Aussi les accroîssemens de *force élastique* de l'air étoient moindres dans ce Thermomètre, que dans celui de M. *Amontons*, quoique par les mêmes augmentations de la chaleur. J'ai rapporté ci-devant la raison de cette différence (*421 p.*). M. *Martine* fait correspondre 47 *pouc.* dans le Thermomètre de *Poleni*, à 51 dans celui d'*Amontons*, & 53 seulement, à 59 ½. Therm. de *Poleni.*

434 *e.* On conservoit à la *Société Royale de Londres*, un *étalon de Thermomètres*, comme on conserve au *Châtelet* à Paris, l'*étalon* de la *toise*, de l'*aune*, &c.; c'est-à-dire, d'une me- Ther. *de la Société Royale de Londres.*

ſure qui n'eſt déterminée, qu'autant qu'il y a quelque part un original conſacré. M. *Ducreſt* dit, que ce Thermomètre étoit d'*eſprit-de-vin* (*a*). Il avoit ſes dégrés en deſcendant. Le *zéro* étoit appellé *très-chaud*, le 25[me]. dégré, *chaud*; le 45[me]. *tempéré*; & le 65[me]. *congélation*. Pendant longtems, ceux qui faiſoient des Thermomètres en *Angleterre*, & qui vouloient leur donner une marche connue, les graduoient par comparaiſon avec cet *étalon*, ou avec d'autres Thermomètres qui lui avoient été comparés. M. *Martine* l'ayant obſervé auprès d'un Thermomètre de *Fahrenheit*, trouva qu'il ſe tenoit à 34 $\frac{1}{2}$, lorſque celui-ci étoit à 64, & que ſon *zéro* devoit correſpondre à 89 du même Thermomètre. L'établiſſement de cet *étalon* fut une fort bonne idée, ſi elle précéda le Thermomètre de *Newton*; c'eſt-à-dire, s'il fut fait avant le tems où l'on dût voir, que le Thermomètre pouvoit renfermer en lui-même les principes d'une conſtruction uniforme.

Therm. de *Fowler*.

434 *f*. On emploie auſſi en Angleterre, principalement dans les Orangeries, un autre Thermomètre, dont M. *Martine* fait mention. Il porte communément le nom de M. *Fowler*, parce que cet Artiſte en a fabriqué un grand nombre. Il eſt d'*eſprit-de-vin*, ſuivant M. *Ducreſt* (*b*). Sa diviſion, comme celle du précédent, n'eſt fixe, que par comparaiſon à un

(*a*) *Recueil de Pièces ſur les Thermomètres, &c.* page 41.

(*b*) *Ibid*, page 42.

original. Son *zéro* est à la température de l'air, *quand il ne fait ni chaud ni froid*, & l'étendue des dégrés de l'*original* est arbitraire. M. *Martine* dit de ce Thermomètre, que lorsqu'il est plongé dans *la neige qui se dégèle*, il descend à 34 au-dessous de *zéro*, & que quand il est à 16 au-dessus de ce point, le Thermomètre de *Fahrenheit* marque environ 64.

434 *g*. Le Docteur *Hales* se fit, pour ses expériences sur la végétation, un Thermomètre particulier, dont M. *Martine* parle encore. Il fut d'*esprit-de-vin*, suivant M. *Ducrest* (*a*). Son *zéro* étoit à la *congélation*, & l'intervalle de ce point, à celui où le faisoit monter *la cire fondue qui commence à se figer*, étoit divisé en 100 parties égales. M. *Martine* a trouvé que ce second point correspond à 142 sur le Thermomètre de *Fahrenheit*. Therm. de *Halles*.

434 *h*. Enfin M. *Martine* décrit un Thermomètre employé depuis longtems à *Edimbourg* à des observations météorologiques, publiés dans des *Essais de Médecine*. Ce Thermomètre est d'*esprit-de-vin*: son échelle est divisée en *pouces* & 10mes. de *pouce*, depuis un point indéterminé. *La neige qui fond* le réduit à 8 $\frac{2}{10}$; & il s'élève à 22 $\frac{2}{10}$, par *la chaleur du corps humain*. Therm. d'*Édimbourg*.

434 *i*. A ces différens Thermomètres, décrits par M. *Martine*, j'en ajouterai un autre, qu'on emploie aujourd'hui assez communément à *Londres*, & qui, depuis quelque tems, Therm. de *Londres* & de *Lyon*.

(*a*) *Recueil de Pièces sur les Thermomètres, &c.* page 41.

est aussi appellé *Thermomètre de Lyon*, parce que M. *Cristin* l'y a mis en usage. Ce Thermomètre est de *mercure*: son *zéro* est à la *congélation*, & l'intervalle de ce point à la chaleur de l'*eau bouillante*; est divisé en 100 dégrés égaux.

Il n'y a rien encore de déterminé dans le *langage* du Therm.; ce qui pourtant est nécessaire.

435 *a*. On voit par l'histoire abrégée que je viens de donner des tentatives qu'on a faites en divers temps pour procurer au Thermomètre une expression déterminée, & par les divers procédés qu'ont employé successivement des Physiciens & des Sociétés, dont le nom pouvoit accréditer leurs méthodes, qu'il n'y a point encore de stabilité, point d'usage généralement suivi, dans la construction de cet instrument. Cependant il doit servir de mesure *commune* de la chaleur.

La *congélation* & l'*eau bouillante* paroissent, il est vrai, des *termes* assez généralement consacrés.

Mais il y a encore à cet égard de la diversité & des doutes.

435 *b*. Il semble bien que le public s'est fait une sorte de règle, au travers de toutes ces incertitudes: la *congélation*, l'*eau bouillante*, sont des termes marqués sur presque tous les Thermomètres, je sais même que bien des amateurs & des artistes les déterminent convenablement. Cependant, les moyens assurés d'y parvenir ne sont pas encore assez connus, ni peut-être bien appréciés, par plusieurs de ceux qui les emploient. C'est ce qui m'engage à traiter cette matière, d'après des expériences qui serviront peut-être à l'éclaircir. J'y joindrai quelques réflexions sur les changemens qu'on a introduits peu-à-peu dans les procédés, & sur ceux qui en sont résultés dans les Thermomètres.

Du Terme fixe inférieur.

436 *a.* La *congélation*, qui paroît consacrée pour *terme fixe inférieur*, a été différemment entendue, presque sans qu'on s'en soit apperçu. Les uns l'ont prise pour la température où l'*eau se gèle*, & d'autres pour celle où *la glace fond.* Il est vrai que la différence de ces deux températures n'est pas ordinairement bien grande, mais elle n'est pas *fixe.* Et d'ailleurs, une très-petite différence est nuisible à ce point, parce qu'il influe de près sur la portion de l'*échelle* que le Thermomètre parcourt le plus ordinairement. Je me contenterai d'examiner à cet égard, les Thermomètres de *de Réaumur* & de *Fahrenheit*, comme étant le plus en usage. Il importe sur-tout de bien déterminer le *terme fixe inférieur.*

436 *b.* Dans le vrai Thermomètre de M. *de Réaumur*, celui dont le *terme supérieur* étoit au volume 1080 de sa liqueur, la *température des caves de l'Observatoire Royal de Paris* à 1010 $\frac{1}{4}$, & le *zéro* à 1000 (*a*), ce *zéro* étoit déterminé par une congélation artificielle, produite par de la glace mêlée de salpêtre, de sel ammoniac ou de sel marin (*b*). Du *terme fixe inférieur*, ou du *zéro* de M. *de Réaumur.* Il étoit déterminé par une *congélation artificielle.*

436 *c.* On n'a pas tardé à sçavoir que les congélations artificielles ne s'arrêtoient pas au dégré de *froid* qui suffit pour produire la glace : M. *de Réaumur* le définit *froid qui suffit pour geler.*

(*a*) *Mém. de l'Académie, &c.* année 1730, *in-12*, page 717.

(*b*) *Mém. de l'Académie, &c.* année 1730, *in-12*, page 670.

M. *de Réaumur* donna lui-même, en 1734, un Mémoire *sur les différens dégrés de froid qu'on peut produire en mêlant de la glace avec différens sels*..... Son Thermomètre sert de mesure à ces *différens dégrés de froid;* & le *zéro* est le point d'où il les compte. Ce *zéro* est toûjours censé le *terme de la congélation artificielle*, quoiqu'il le définisse en ajoutant; *c'est-à-dire, le froid qui suffit pour geler.*

Le procédé de M. *de Réaumur* ne pouvoit donner ce *froid* d'une maniere fixe.

436 *d.* Malgré cette définition, il restoit trop d'incertitude dans ce terme, pour qu'il fût généralement adopté. Il est bien difficile de saisir un point fixe, dans une diminution successive de chaleur, qui peut aller jusqu'à 15 dégrés au dessous de *zéro* dans le Thermomètre de M. *de Réaumur.* C'est l'effet du mélange de deux parties de glace & d'une partie de sel marin. C'est cependant par ce mélange que M. *de Réaumur* déterminoit son *zéro*, ou ce *froid qui suffit pour geler.* Je vais rapporter en entier le procédé qu'il indique lui-même.

Ce procédé décrit par M. *de Réaumur.*

436 *e.* « On sçait assez, dit-il (*a*), comment » se fait la glace artificielle: les procédés usi» tés journellement, sont ceux-mêmes dont » on se servira pour geler l'eau qui environne » la boule de notre Thermomètre. Le vâse ou » elle est contenue, doit être mis dans autre » vâse d'un plus grand diamètre, & au moins » de même hauteur. Le fer blanc est encore » une matière propre à ces sortes de vâses. Le

(*a*) *Mém. de l'Académie, &c.* année 1730, *in*-12, page 670.

» vuide qui reste entre les parois des deux vâ-
» ses, sera rempli de glace qui aura été bien
» pilée & mêlée avec une bonne dose, soit
» de salpêtre, soit de sel ammoniac, soit de sel
» marin. Une précaution accélère la congéla-
» tion, c'est de couvrir le dessus des vâses : l'air
» extérieur est moins capable d'arrêter l'effet
» qu'on veut produire. Les faiseurs de liqueurs
» glacées se contentent de mettre au-dessus
» des vâses, quelques serviettes ou quelques
» torchons. On fera encore mieux, si, sur le
» linge étendu sur les bords du vâse, on met
» une couche de glace pilée qu'on recouvrira
» de plusieurs torchons ou serviettes.

» A mesure que l'eau, qui entoure la boule
» du Thermomètre, se refroidit, la liqueur
» descend dans le tube. Quand la surface de
» cette eau est gelée, la liqueur est bien près
» du plus bas terme où elle descendra. Lors-
» qu'on jugera qu'elle est à-peu-près aussi bas
» qu'elle peut aller, si elle est au-dessous du
» terme (où doit être marquée la *congélation*,
» c'est-à-dire, au volume de 1000 parties), on
» fera entrer de l'esprit-de-vin peu-à-peu avec
» une des petites mesures, ou avec un pe-
» tit entonnoir, & cela jusqu'à ce que l'es-
» prit-de vin s'élève dans le tube à la hau-
» teur du fil qui marque le *terme*. On fera en-
» suite attentif si la liqueur ne continue pas à
» descendre : si elle descend encore, on ajou-
» tera encore ce qu'il faut de liqueur pour la
» faire monter au terme marqué. Lorsqu'elle
» y reste constamment, on peut retirer la boule
» de la glace. Mais pour n'avoir pas la peine

» de briser la glace, & ne pas faire courir
» risque au Thermomètre, il vaut mieux laisser fondre la glace, & attendre qu'elle laisse
» sortir librement la boule, ou accélérer la
» fonte de la glace, en jettant dessus de l'eau
» chaude.

» Nous devons avertir qu'il arrive quelquefois, qu'après avoir fait entrer dans le tube
» la petite quantité d'esprit-de-vin, qui sembloit nécessaire pour élever la liqueur jusqu'au fil, qu'après avoir vu sa surface de niveau avec le fil, elle vient, dans un quart
» d'heure, à l'excéder d'une ligne ou de davantage. On croiroit que c'est que la glace
» commence à se fondre; cependant l'élévation de l'esprit-de-vin est quelquefois dûe
» à une autre cause: il a fallu du tems pour se
» rendre à celui qui en descendant a rencontré les parois du vâse. On a preuve certaine
» que c'est cette cause qui produit la quantité excédente de volume de liqueur, lorsqu'on voit que sa surface se soutient constamment au même terme: elle s'y soutient
» pendant plus de huit à dix heures, lorsque
» les vâses sont dans un endroit frais, & qu'ils
» ont été bien enveloppés. Il faut donc retirer
» ce qu'il y a de liqueur au-dessus du fil....

Moment de la fixation du zéro de M. *de Réaumur.*

436 *f.* On voit par ce fragment du Mémoire de M. *de Réaumur*, que, pour régler son Thermomètre, il attendoit que l'eau douce du petit vâse fût entiérement gelée, & que l'esprit-de-vin ne descendît plus.

Répétition de la même expér.

436 *g.* Pour sçavoir si l'on pouvoit obtenir par ce procédé une température réellement fixe

au moment où l'eau ſe gèle, & pour en connoître le dégré, je répétai l'opération de M. *de Réaumur.*

436 *h.* J'employai à cette expérience un Thermomètre de mercure à petite boule, afin de mieux appercevoir les variations de chaleur que ſubiroit l'eau douce. Je pris un petit vâſe de verre, cylindrique, d'un pouce de diamètre, que je remplis d'eau douce à la hauteur de 2 pouces $\frac{1}{4}$: je le mis au milieu d'un autre vâſe d'environ 7 pouces de diamètre, & de 2 pouces $\frac{1}{2}$ de haut: je remplis de glace mêlée de ſel marin, le vuide qui reſtoit entre les parois des deux vâſes, je mis mon petit Thermomètre dans l'eau douce; & j'obſervai. Préparation.

436 *i.* Le mercure du Thermomètre ſe condenſa ſucceſſivement: il étoit encore un peu au-déſſus du fil de *la glace qui fond*, quand les parois intérieures du petit vâſe commencèrent à ſe tapiſſer de glace. Il deſcendit enſuite à ce fil, & s'y tint pendant quelques momens. La glace s'étendoit inſenſiblement de bas en-haut, & de la circonférence à l'axe. Dès qu'elle commença à toucher la boule du Thermomètre, ce qui ſe fit d'abord pardeſſous, le mercure deſcendit au-deſſous du *fil.* Une colonne d'eau fluide s'étendoit encore de la ſurface à la partie ſupérieure de la boule, & cependant le mercure s'étoit déja abbaiſſé de 3 *d.* $\frac{1}{4}$ au-deſſous du fil. Quand l'eau fut entiérement gelée, le mercure ſe trouva à — 5 $\frac{1}{2}$; il continua à deſcendre juſqu'à — 10 $\frac{1}{2}$, puis il remonta; mais il n'atteignit le *fil*; Expérience.

que lorsque la glace commença à fondre dans le petit vâse.

Il n'y a point de tempérarure perman. dans le refroidissem. produit par les congélat. forcées.

436 *k*. Je répétai cette expérience avec un Thermomètre à plus grosse boule, & les résultats furent les mêmes, quant au fond ; c'est-à-dire, que je ne pus découvrir par ce procédé aucune température permanente & déterminée, excepté depuis le moment où la glace du petit vâse commençoit à fondre.

M. *de Réaumur* n'a pu trouver un même *terme*, que par des circonstances semblables.

436 *l*. Cependant M. *de Réaumur* assûre que ces Thermomètres s'arrêtoient toujours au même point, lorsque la glace étoit formée ; ce qui me fait conjecturer qu'il employoit toujours les mêmes vâses, & le même mélange de sel & de glace, que ses boules étant d'environ 4 pouces ½ de diamètre (*a*) tardoient tellement à se réfroidir que le mélange de sel & de glace avoit le tems de se réchauffer, avant que la liqueur du Thermomètre en eût acquis la température, & que le point où la liqueur ne se condensoit plus, & se réchauffoit avec toute la masse de l'eau salée n'étoit le même dans toutes ses épreuves, qu'à cause de la parité de circonstances.

Mais ce n'est pas un terme *fixe*.

436 *m*. Surquoi je ferai remarquer deux choses : la première, qu'une température qui dépend de circonstances arbitraires, & qui ne sont pas même indiquées par M. *de Réaumur*, ne peut servir de base au Thermomètre ; la seconde, que, puisque l'eau du petit vâse *ne com-*

(*a*) *Mém. de l'Académie*, année 1730, *in-12*, page 660.

mençoit point à fondre, quand M. *de Réaumur* fixoit le point de la *congélation*, ou le dégré 1000 sur ses Thermomètres, ce point étoit nécessairement *au-dessous* du terme qu'on a adopté depuis, qui est celui *où la glace fond.* Il est vrai que la différence ne doit pas être bien grande, puisqu'au moyen d'*enveloppes*, & *dans un endroit frais*, le Thermomètre restoit sensiblement au même point, *pendant huit à dix heures.*

Il est un peu *au-dessous* du point où la *glace fond.*

Je crois être parvenu à connoître assez sûrement cette température correspondante à 1000 ou à *zéro*, dans le vrai Thermomètre de M. *de Réaumur*, mais ce n'est pas encore le moment d'en parler.

437 *a. Fahrenheit* avoit pris pour *terme inférieur*, une température plus *fixe.* Le *zero* de son échelle étoit déterminé par une *congélation forcée* avec du sel ammoniac. Ce point fixe avoit sur celui de M. *de Réaumur*, l'avantage d'être le terme extrême d'une congélation forcée, & quoique ce tetme puisse varier, suivant les doses & d'auttes circonstances, cependant, quand on a trouvé le *maximum*, on peut le reproduire assez sûrement.

Terme fixe inférieur de *Fahrenheit*: la *congélation forcée par le sel ammoniac.* Avantage du *term. inférieur de Fahrenheit* sur celui de *de Réaumur.*

437 *b*. Mais la difficulté de l'opération, & l'incertitude qui accompagne toujours les choses compliquées, ont fait abandonner cette méthode: & comme l'Auteur de ce Thermomètre avoit indiqué la *congélation* au 32me de ses dégrés, on est parti de ce point, & l'on a rapporté ce 32me. dégré au *zéro* de M. *de Réaumur*, en employant aussi différens moyens pour le fixer. Il règne donc la même incerti-

La diffic. de l'opér. a fait changer ce terme de *Fahrenheit.*

Il est devenu aussi incertain que celui de M. *de Réaumur.*

tude à cet égard dans l'un & l'autre de ces Thermomètres (*a*).

L'expression de congélation, étant vague, a produit bien des erreurs.

438 *a*. On voit par tout ce que je viens de dire, que la différence des dégrés de chaleur, confondus sous l'expression vague de *congélation*, a dû produire bien des erreurs, & qu'il est essentiel ce les prévenir pour la suite.

La glace qui fond, ou l'*eau dans la glace*, est le terme qu'il convient de choisir.

438 *b*. On y parviendra, en convenant d'une méthode uniforme, & qu'on peut aujourd'hui déterminer sûrement ; c'est d'employer pour le *terme fixe inférieur* de tout Thermomètre, *la glace qui fond*, ou l'*eau dans la glace*.

Manière de prendre ce terme dans la *glace pilée* qui fond, mêlée d'eau.

438 *c*. Ces deux expressions, qui ont été indifféremment employées, n'indiquent en effet qu'une seule & même température. Lorsque la glace disposée à fondre est mêlée d'eau, cette eau produit le même effet sur le Thermomètre, que la *glace qui fond*, pourvu que le vâse soit plein de glace, & que l'eau remplisse seulement les interstices. Il faut que la *glace* soit pilée, afin qu'elle environne mieux le Thermomètre (*b*). Il convient aussi qu'il

---

(*a*) M. *Martine*, qui recommande beaucoup le Thermomètre de *Fahrenheit*, & qui traite de sa construction, indique indifféremment, par le dégré 32 des températures qui ne sont point semblables, celle de la *glace qui fond*, & celle de l'*eau qui se gèle*. (*Dissertations sur la Chaleur*, &c. pages 38, 40, &c.).

(*b*) Les choses les plus simples coûtent quelquefois à trouver. Je l'ai éprouvé en voulant piler de la glace. Je ne me suis pas avisé d'abord de le faire dans un linge avec un maillet. C'est cependant le moyen le plus commode. Ceux qui l'ignorent seront bien-aises de l'apprendre ici.

y ait au moins un pouce de *glace* au-dessous de la boule, car si la boule pouvoit atteindre le fond du vâse, elle seroit bientôt abandonnée par la *glace*, qui s'élève en fondant. La boule ne seroit plus alors que dans de l'eau, à laquelle le fond du vâse communique sa chaleur, & qui par-là se réchauffe peu-à-peu, à mesure que la *glace* s'en éloigne.

438 *d*, Voici pourquoi la *glace qui fond* & *l'eau dans la glace*, produisent absolument le même effet sur le Thermomètre. La *glace qui fond* est toujours environnée de l'*eau* qui s'en détache, & c'est cette eau qui communique sa température aux corps environnés de *glace en fusion*. Ainsi, quoiqu'il y ait probablement quelque différence entre la température de la *glace disposée à fondre*, & celle de la *glace fondue*, ou de l'*eau* qui vient de cesser d'être *glace*, cette différence n'influe point sur le Thermomètre. Notre température fixe est proprement celle de l'*eau produite successivement par la glace*, & qui s'accumule dans ses interstices. Voici quelques expériences qui prouvent la fixité de ce dégré de chaleur. Il est produit par la température de l'eau qui cesse d'être gelée.

438 *e*. Dans le froid rigoureux de Février 1755, faisant quelques expériences sur la formation de la glace, je suspendis dans l'eau plusieurs Thermomètres, dont le *terme fixe inférieur* avoit été déterminé comme je viens de le dire. Ce terme étoit marqué par un fil sur les tubes; & la boule, ainsi que la portion du tube comprise entr'elle & le fil, étoient plongées dans l'eau. Expér. qui prouve la fixité de ce terme.

Le commencement de la *congélation* n'est pas une température fixe.

438 *f.* Le commencement de la congélation n'étoit pas toujours indiqué par le même point du Thermomètre, l'eau restoit fluide quelquefois, quoique le Thermomètre fût descendu de plus d'un dégré au-dessous du fil. Quand la glace étoit entièrement formée, elle se refroidissoit de plus en plus, jusqu'à ce qu'elle eût acquis la température extérieure : & les Thermomètres qu'elle environnoit, indiquoient la même température que ceux qui étoient exposés à l'air ; leurs variations étoient seulement plus ou moins lentes, suivant l'épaisseur de la glace.

La glace prend la température de l'air ambiant, tant qu'elle ne fond pas.

Mais dès qu'elle fond, elle a une tempér. fixe.

438 *g.* J'approchai du feu plusieurs de ces vâses, avec leurs Thermomètres. Dès que la glace se disposoit à fondre autour de la boule, la liqueur remontoit au *fil*, & elle s'y tenoit fixée, tant que la boule restoit environnée d'une croûte de glace de quelques lignes d'épaisseur. Mais dès qu'il se faisoit des ouvertures à cette glace, ou que l'eau qui se rassembloit dans le vâse pouvoit atteindre la boule par le dessus, cette eau que le feu avoit réchauffée faisoit subitement remonter la liqueur.

La *neige* qui fond a la même tempér. que la glace qui fond.

438 *h.* La *neige* est une glace raréfiée, qui, relativement à ses diverses températures, suit les mêmes loix que la glace proprement dite. Or j'ai éprouvé très-souvent, tant dans les villes qu'à la campagne, & sur les montagnes, que quand la *neige* fond, elle réduit exactement à *zéro* les Thermomètres où ce point a été fixé dans de *la glace pilée mêlée avec l'eau qu'elle produit en fondant.*

438 *i.* Ce *dégré de chaleur* est donc *fixe*. C'est encore le plus facile à produire partout : il n'exige qu'une operation à la portée du moindre des artistes, & il peut être aisément vérifié par tous ceux qui veulent un Thermomètre exact, sans pouvoir le faire eux-mêmes. Ce *terme fixe* est d'ailleurs adopté par le plus grand nombre de ceux qui font des Thermomètres ; on peut donc espérer qu'il le sera enfin de tous.

C'est donc là une tempér. bien déterminée qu'il convient d'adopter pour *terme fixe inférieur* du Thermom.

Du terme fixe supérieur dans le Thermomètre.

439 *a.* Le *terme fixe supérieur* de presque tous les Thermomètres qu'on fait aujourd'hui, est la *chaleur de l'eau bouillante*. Mais ce terme ne peut être regardé comme *fixe*, qu'avec ces deux conditions : un *même dégré d'ébullition*, & un *même poids de l'atmosphère*.

L'eau bouill. est le *terme supérieur* adopté généralement. Mais il n'est *fixe* qu'à deux conditions.

439 *b.* Quand l'eau commence à bouillir, elle n'a pas encore son plus haut dégré de chaleur. Il faut pour cela, que toute sa masse soit en mouvement, c'est-à-dire, que le bouillonnement parte du fond du vâse, & qu'il se répande sur toute la surface de l'eau, avec la plus grande impétuosité qu'il puisse acquérir. Depuis le commencement de l'ébullition, jusqu'à son plus haut période, l'eau éprouve une augmentation de chaleur de plus d'un *dégré*.

La première est qu'elle bouille au plus haut dégré possible.

439 *c.* Les artistes font rarement attention à cette différence. Mais, quoiqu'elle soit essentielle, elle est bien petite, en comparaison de celle qu'on a introduite dans l'un des Thermomètres, dont on fait le plus communément

Cette condition est assez souvent négligée par les Artistes. Mais c'est là une petite

différente, en compar. de celle qui s'est introduite dans le *terme supérieur* de M. *de Réaumur.*

usage aujourd'hui; je veux dire, celui de M. *de Réaumur.* Les vrais principes de ce Thermomètre se sont presque entièrement effacés. J'ai cherché à les découvrir, & je vais rendre compte du succès de mes recherches.

Du vrai Thermomètre de M. de Réaumur.

M. de *Réaumur* n'appeloit point son dégré 80 la *chal. de l'eau bouillante*;

440 *a.* Lorsque j'ai décrit ci-devant le Thermomètre de M. *de Réaumur* (431), on a pu comprendre déjà que ce Thermomètre ne soutenoit point la *chaleur de l'eau bouillante*: & si l'on remonte aux détails que M. *de Réaumur* a donnés lui-même de ses procédés, on verra bien que ce n'étoit point là son but. Il ne cherchoit qu'un *dégré fixe de chaleur*, dont son esprit-de-vin affoibli fût susceptible, & il crut le trouver dans la température de cette liqueur, lorsqu'elle ne peut plus s'échauffer davantage sans bouillir (*a*). C'est-là le point que M. *de Réaumur* nommoit 1080, ou seulement 80 dans son Thermomètre (*b*).

Mais celle *que son esprit-de-v. pouvoit supporter sans bouillir.*

Cependant on nomme *Ther. de M. de Réaumur* tous ceux dont le dégré 80 est la *chaleur de l'eau bouillante.*

440 *b.* Je suppose que ce dégré de chaleur étoit fixe; mais certainement il étoit bien différent de celui de l'eau bouillante, auquel cependant on rapporte communément ce point que M. *de Réaumur* appelloit 80 sur son Thermomètre. Et l'on donne sous son nom ces nouveaux Thermomètres, si différens du sien, quoiqu'il y ait encore un grand nombre de

---

(*a*) *Mém. de l'Académie des Sciences*, *&c.* année 1730, *in-12*, page 688.
(*b*) *Ibid*, page 717, & *passim.*

ces instrumens répandus dans toutes les parties du monde, tant par M. *de Réaumur* lui-même, que par M. l'*Abbé Nollet*, qui a suivi les mêmes principes.

440 *c*. Comment donc peut-on espérer de s'entendre sur les observations de la chaleur, lorsque sous la même dénomination, on a des *mesures* si différentes? Voici un exemple des erreurs qui peuvent en résulter. Je le rapporte, parce qu'il a été l'occasion de mes recherches sur le Thermomètre de M. *de Réaumur*. Ce changement a jetté la plus grande incertitude dans les observations de la chaleur.

440 *d*. Un de mes amis, persuadé, comme on l'est encore communément, que la température des *puits profonds*, semblable à celle des *Caves de l'Observatoire Royale de Paris*, est à $10\frac{1}{4}$ sur tout Thermomètre dont l'*échelle* est de 80 parties, fut fort étonné de voir, au mois d'Août, un de ces Thermomètres marquer environ 9 dégrés, dans deux *puits* de sa maison de campagne. Il me fit part de cette observation, & l'ayant repétée, je donnai la torture à mon esprit, pour trouver dans quelque propriété du terrein ou de l'eau, ou dans quelqu'autre circonstance locale, la cause de cette prétendue singularité. Heureusement je ne trouvai rien d'extraordinaire, ce qui me fit soupçonner, que la température des *Caves de l'Observatoire de Paris*, étoit mal indiquée sur les Thermomètres modernes; & je formai le dessein de m'en éclaircir. Exemple.

441 *a*. Le projet de déterminer exactement la température des *Caves de l'Observatoire de Paris*, sur un Thermomètre qui me fût bien connu, n'étoit pas sans quelque difficulté. Projet d'exp. dans les *caves de l'Observ. de Paris.*

Ne pouvant l'exécuter moi-même, j'avois besoin de quelqu'un qui pût mériter de ma part une entière confiance, & qui fût disposé à m'obliger.

Exécuté par MM. *Varenne, de Béost* & *Brisson*.

441 *b*. Je m'adressai à M. *Varenne de Béost*, Receveur général des Finances de Bretagne & Correspondant de l'Académie Royale des Sciences; persuadé que, s'il avoit du tems, il ne me resteroit rien à desirer pour l'exécution de mon projet. M. *de Béost* voulut bien se charger de ces observations; & il les fit avec des soins & une complaisance qui surpassèrent mes desirs. Non content d'y apporter lui-même toutes les précautions nécessaires, pour éviter l'erreur, il y intéressa M. *Brisson*, de l'Académie des Sciences, dont les lumières & l'habitude dans les expériences de ce genre, le secondèrent efficacement.

Lieu choisi pour la première observation.

441 *c*. Pour prévenir les erreurs que pouvoit produire la différence des Thermomètres, j'envoyai un des miens à M. *de Béost*: il étoit de *mercure*, & très-sensible. M. *de Béost* le plaça, le 23e. Février 1765 à 8 heures du soir, dans une niche des souterrains de l'Observatoire: la même où MM. *de Réaumur* & *Ducrest* ont observé leurs Thermomètres: une petite table, qui en occupe le milieu, peut servir à la distinguer.

Observation du 24 Février 1765.

441 *d*. Le lendemain, à 9 heures ½ du matin, M. *de Béost* se rendit à l'Observatoire. Il entra seul dans la niche, tenant une très-petite bougie d'une main, & de l'autre, une pointe déliée, dont il se servit pour marquer promptement sur la monture du Thermomètre, le

point où aboutissoit le mercure; ce point fut à, + 9½ de l'*échelle* dont j'ai toujours parlé. La température extérieure étoit à + 4, en plein air & au soleil.

441 *e.* Les précautions qu'avoit pris M. *de Béost* pour éviter d'échauffer le Thermomètre en l'observant, devoient me satisfaire. Cependant la grande sensibilité de mon petit instrument m'inquiétoit, & comme M. *de Beost* me l'avoit renvoyé, je me déterminai à lui en faire parvenir deux autres, moins sensibles. Je les accompagnai d'un étui ouvert par les deux bouts, dans lequel il pouvoit les suspendre, pour garantir leur boule de la chaleur de la bougie, & de celle de son corps. On verra cependant que M. *de Béost* avoit évité, par sa diligence, l'erreur qu'auroit pu occasionner la grande sensibilité de mon premier Thermomètre. Raison de la répéter.

441 *f.* J'envoyois deux Thermomètres à M. *de Béost*, pour qu'il éclaircît un doute que lui avoit laissé la première observation. Il avoit cru remarquer, en portant successivement mon premier Thermomètre en divers endroits des caves, que la température de ces souterrains n'étoit pas uniforme. Cependant, comme les observations qui differoient de la première, indiquoient plus de chaleur, M. *de Béost* soupçonnoit aussi, que le Thermomètre pouvoit avoir conservé une partie de celle qu'il avoit acquise dans le transport. Doute de M. *de Béost* sur l'uniformité de température de ces souterrains.

441 *g.* Pour éclaircir ce doute, il falloit déposer des Thermomètres, dans les lieux où la température avoit paru différer le plus. Mais Projet d'expérience à ce sujet.

ceux que j'avois destinés à cette expérience, ne purent y être employés : l'un des deux se rompît dans le voyage. J'étois en de bonnes mains pour réparer cette perte. M. *Brisson* remplaça mon Thermomètre rompu, par cinq autres, dont un étoit de *mercure*, & quatre d'*esprit-de-vin*. Je parlerai dans la suite de la graduation de ces Thermomètres (445 *a*).

Observation du 19 Avril 1765.

441 *h*. Le 18e. Avril, à 10 heures du matin, M. *de Béost* les plaça avec le mien dans la niche dont j'ai parlé ci-devant ; & le lendemain à midi, il y retourna pour les observer. Il avoit imaginé cette fois-là, de marquer par un trait le point où les liqueurs se seroient fixées. Il employa pour faire ces traits une règle échancrée par son milieu, afin que les tubes ne l'empêchassent pas de s'appliquer sur les montures. Ces traits passèrent tous à-peu-près par le 10me. dégré des Thermomètres.

Préparatif par une troisième observ.

441 *i*. Après cette observation, M. *de Béost* porta un des Thermomètres d'*esprit-de-vin*, à l'extrémité d'un cul-de-sac qui termine du côté du Nord la gallerie où se trouve la niche ; il en laissa un avec le mien dans cette niche : il en plaça un autre auprès d'une petite statue de la Vierge, & le quatrième, au pied de l'escalier des caves. Enfin le Thermomètre de *mercure* de M. *Brisson* fut porté au Midi des souterrains, dans cette espèce de grotte, où la filtration de l'eau forme des stalactites.

Observation du 20 Avril 1765.

441 *k*. Le 20me. M. *de Béost* retourna aux souterrains avec M. *Brisson*. Le premier Thermomètre que ces Messieurs observèrent, s'étant trouvé plus bas qu'il n'étoit le 19me. ils en

conclurent d'abord, que dans l'obſervation de ce jour-là, les Thermomètres avoient été échauffés, dans l'opération, un peu longue, par laquelle les points où ils ſe trouvoient avoient été marqués ſur leurs montures.

441 *l.* L'habitude que M. *de Béoſt* avoit acquiſe, fit que cette fois-là il n'eut recours à aucun expédient. Les Thermomètres étoient ſéparés, & il en eſtima la hauteur d'un coup-d'œil. Il trouva mon Thermomètre dans la niche, à + $9\frac{1}{2}$, comme dans l'obſervation du 24me. Février; & tous les autres ſe trouvèrent à-peu-près au même point. La température extérieure étoit à + $6\frac{1}{2}$, il pleuvoit; & le *mercure* ſe tenoit à 27 *pouces* 8 *lignes* dans le Baromètre. Elle confirma celle du 24 Février.

441 *m.* Tous les Thermomètres furent laiſſés ce jour-là dans un petit caveau, qui eſt immédiatement derrière la niche, du côté de l'Orient; & le lendemain, ces Meſſieurs y retournèrent à 9 heures du matin. Après être entrés dans les ſouterrains, ils en fermèrent la porte, & ils s'approchèrent avec beaucoup de précaution des Thermomètres. Ceux de M. *Briſſon* ſe trouvèrent à + $9\frac{3}{4}$, & le mien à + $9\frac{1}{3}$. La température de l'air extérieur étoit à + $8\frac{1}{3}$ à l'ombre; le tems étoit beau, & le Baromètre ſe tenoit à 27 *pouces* 10 *lignes* $\frac{2}{3}$. Obſervation du 21 Avril. Elle confirma auſſi la première.

441 *n.* Cette quatrième obſervation étoit aſſez conforme à la première & à la troiſième, pour qu'on pût en conclurre, qu'elles indiquoient exactement la température de ces ſouterrains. Cependant, comme la ſeconde obſer- Quatrième obſervation projettée à cauſe de la diſparité de la ſeconde.

vation avoit été un peu différente des trois autres, ces Messieurs jugèrent à propos d'en faire une cinquième. Ils dispersèrent de nouveau les Thermomètres. Un de ceux de M. *Brisson* fut placé dans le cul-de-sac voisin de la niche : un autre fut mis au pied de la petite statue de la Vierge : un troisième fut porté à la partie la plus occidentale des caves ; & le Thermomètre de *mercure* de M. *Brisson*, dans la grotte aux stalactites ; le mien resta derrière la niche, avec un Thermomètre d'*esprit de vin.*

Observation du 23 Avril.

441 *o*. Le surlendemain, 23me. Avril, ces Messieurs descendirent aux caves. Les trois premiers Thermomètres furent trouvés à $+9\frac{1}{2}$: le Thermomètre de *mercure* de M. *Brisson*, à $+9\frac{2}{3}$; & le mien, à $+9\frac{1}{4}$: le Thermomètre d'*esprit-de-vin* qui l'accompagnoit, étoit à $+9\frac{7}{8}$. La température extérieure, à $+11\frac{1}{2}$; le Baromètre à 27 *pouces* 8 *lignes* par un tems assez beau.

La température des *caves de l'Observatoire* est uniforme.

441 *p*. L'ensemble de ces observations montre d'abord que la température est sensiblement égale dans toute l'étendue des souterrains de l'Observatoire, & que par conséquent la différence trouvée hors de la niche, dans l'observation du 24e. Février, venoit de la chaleur communiquée au Thermomètre dans le transport. Les trois dernières observations faites sur mon Thermomètre, indiquent aussi, qu'il avoit été un peu échauffé dans celle du 19e. Avril ; & ce qui le prouve encore, c'est que ce Thermomètre, qui se tint toujours un peu plus bas que tous les autres dans les observations suivantes,

La seconde observation étoit défectueuse.

avoir été d'accord avec eux ce jour-là. Ainsi l'observation du 19ᵉ. Avril ne doit pas être comptée.

441 *q*. En réunissant les quatre autres observations, qui diffèrent très-peu, & dont les différences peuvent provenir de bien d'autres causes que de la différence de température, on peut en conclurre, avec assez de certitude, que depuis le 23ᵉ. Février, jusqu'au 23 Avril 1765, la température des caves de l'Observatoire fut toujours à + 9 ¼ de mon Thermomètre. Première détermination de la température de ces *souterrains*.

441 *r*. Pour connoître si cette température étoit variable, M. *de Béost* laissa dans les *caves* un Thermomètre, sur la monture duquel il marqua le point où il étoit fixé. Un Domestique de M. *Maraldi*, qui conduit ordinairement les curieux dans ce dédale, se chargea d'observer le Thermomètre chaque fois qu'il y descendroit. Il le fit jusqu'au 24 Juin, tems auquel M. *Maraldi* l'emmena à la campagne. En Octobre 1766, j'eus occasion d'aller à Paris; & M. *de Béost* ayant eu la complaisance de me conduire dans toutes les places de ces souterrains où il avoit fait des observations, ce Domestique nous assura, que, pendant tout le tems qu'il avoit observé le Thermomètre, il n'y avoit apperçu aucune variation. Observat. continuées jusqu'au 24 Juin. La tempér. de ces caves fut constante.

441 *s*. Outre ces diverses observations, j'avois songé à une autre, qui me paroissoit essentielle. Celles qui avoient été faites en Février & Avril 1765, indiquoient la température des *caves de l'Observatoire* au sortir de l'Hyver; durant lequel les diminutions de chaleur avoient dû s'y accu- Raison de l'Observ. à la fin de l'Eté.

muler, pour peu que la température extérieure y influe. Il falloit donc observer aussi à la fin de l'Été, pour sçavoir si la chaleur n'avoit point pénétré dans ces souterrains.

Observation du 23 Octobre.

441 *t.* Je communiquai mon desir à M. *de Beost*, qui voulut bien encore le satisfaire. Il porta mon Thermomètre dans les caves, le 22e. Octobre de la même année, à 5 heures du soir; & le lendemain, à 8 heures $\frac{1}{2}$ du matin, il y retourna. A l'instant où il fut à portée de mon Thermomètre, il planta une aiguille sur la monture, au point où le *mercure* étoit fixé; & ce fut à + 9 $\frac{2}{3}$.

Toutes ces observ. sont sensiblement d'accord.

441 *u.* Voilà une suite d'expériences aussi complette qu'on puisse la désirer, & leurs différences sont si petites, qu'en prenant le milieu entr'elles, il doit indiquer avec une exactitude suffisante, *la température des caves de l'Observatoire de Paris*, & une température qu'on peut regarder comme constante.

Déterm. de la *tempér. des caves de l'Observat.* sur le Therm. de *mercure.*

441 *x.* Je ne puis donc m'écarter essentiellement du vrai, en fixant la température de ce lieu rénommé, *à* + 9 $\frac{6}{10}$ *du Thermomètre de mercure.*

Différ. de la *températ. des caves de l'Observat.* sur ce Ther. & sur celui de M. *de Réaumur.*

442 *a.* Dans le vrai Thermomètre de M. *de Réaumur*, celui qu'il a décrit dans le Mémoire que j'ai déja cité, la température des *caves de l'Observatoire* est à + 10 $\frac{1}{4}$; & dans le Thermomètre de *mercure* dont je parle, elle est à + 9 $\frac{6}{10}$. Voilà donc une première différence bien établie entre ces deux Thermomètres, quant à leurs *indications.*

Cette différ. seroit en sens contraire, si

442 *b.* Mais par une différence bien prouvée aussi dans leur construction, différence qui

provient de ce que les liquides dont ils sont faits ne sont pas semblables, celle qui se trouve entre leurs *indications*, devroit être en sens contraire. On a vu dans la table que j'ai donnée des *marches* de divers Thermomètres semblablement gradués (426 *b*), que le Thermomètre dont la liqueur est la même que celle de M. *de Réaumur*, se tient à + 7 $\frac{2}{10}$, quand le Thermomètre de *mercure* est à + 10. Il ne peut point y avoir d'erreur dans ce rapport; car ces Thermomètres sont restés plusieurs jours à ces mêmes points dans ma cave. Les 2 Ther. etoient semblablement divisés.

442 *c.* Puis donc que mon Thermomètre de *mercure* s'est tenu à + 9, 6, dans les caves de l'Observatoire, celui de M. *de Reaumur* s'y seroit tenu à + 7, 6, si son *échelle* avoit été semblable à la mienne. Mais M. *de Réaumur* a toujours vu son Thermomètre dans ces *caves*, à + 10 $\frac{1}{4}$: donc son *échelle* est différente de celle de mon Thermomètre, fait de même liqueur que le sien, divisé en un même nombre de dégrés; mais dont les *termes fixes* sont, la *glace qui fond*, & l'*eau bouillante*. (Pour plus de commodité dans l'expression, j'appelerai ce dernier Thermomètre, *mon Thermomètre d'esprit-de-vin*).

Déterm. de la *tempér. des caves* sur un Ther. *d'esp.-de-vin* divisé comme celui de *mercure*.

Cette même températ. sur le Therm. de M. *de Réaumur*.

442 *d.* En supposant que l'*échelle* du Thermomètre de M. *de Réaumur* & la mienne, commencent au même point; l'observation faite dans les *caves* donne le rapport entre leurs dégrés, de 7, 60 à 10, 25. On voit d'abord par-là, que le dégré 80 de M. *de Réaumur* indique une chaleur beaucoup moindre que le dégré 80 de mes Thermomètres; &

Position du *terme fixe* supérieur de M. *de Réaumur*, sur mon *Th.*, en supposant que les deux *échelles* commencent au même point.

en partant du rapport ci-dessus, on trouve que le dégré 80 du Thermomètre de M. *de Réaumur* ne devroit correspondre qu'à 59, 3 de mon Thermomètre d'*esprit-de-vin*. (10, 25: 7, 60 : : 80, 0 : 59, 3).

Il résulte de cette première comparaison que les deux *échelles* ne doivent pas commencer au même point.

442 *e*. En voyant par ce calcul, combien le rapport tiré immédiatement de l'observation dans les *caves*, abbaissoit le dégré 80 de M. *de Réaumur*, sur mon *échelle*; je compris que toute la différence des indications de nos Thermomètres dans les *caves*, ne pouvoit provenir de la différence du dégré 80 de M. *de Réaumur* avec la chaleur *réelle* de l'*eau bouillante*, qui est mon dégré 80; & je fus confirmé par-là dans l'idée que nos *échelles* ne commençoient pas au même point; c'est-à-dire, que le *zéro* de M. *de Réaumur* étoit au-dessous du point où la *glace fond*, qui est mon *zéro*. Je pensai alors à chercher dans la manière dont M. *de Réaumur* déterminoit son dégré 80, quelque moyen de connoître à-peu-près ce terme fixe. Voici son procédé décrit par lui-même.

Procéd. de M. *de Reaumur*, pour déterminer son *terme fixe supérieur*.

« 442 *f*. Après avoir choisi, dit-il (*a*), un » petit matras de verre dont le col étoit assez » délié, j'ai rempli le matras jusqu'un peu au- » dessus de l'origine de son col, avec de petites » mesures; il en est entré 400, jusqu'à l'endroit » désigné. J'ai marqué cet endroit avec un fil » lié autour du col. Alors j'ai mis le matras » dans une boîte de fer blanc, que j'ai posée » dans une boîte plus grande, remplie de

(*a*) *Mém. de l'Académie des Sciences*, &c. 1730, *in-12*, page 688.

» glace pilée, & mêlée avec du sel. En un » mot, j'ai fait geler l'eau qui environnoit le » matras. L'*esprit-de-vin* est descendu au-dessous du fil. J'ai fait entrer dans le matras » autant de mesures qu'il en a fallu, afin que » l'*esprit-de-vin* se trouvât encore à la hauteur » du fil. Enfin mon fil m'a marqué le terme » d'un volume de 400 mesures d'*esprit-de-vin*, » condensé par la congélation artificielle de » l'eau. Ce que je cherchois, étoit d'avoir en » parties de ce même volume, sa différence » avec le volume de la même quantité d'*esprit-de-vin dilaté par la chaleur de l'eau bouillante* » (*a*). J'ai donc fait chauffer & bouillir de » l'eau. A la vapeur seule de l'*eau bouillante*, » j'ai échauffé le matras, qui contenoit l'*esprit-de-vin*. Quand je l'ai jugé assez échauffé, » pour qu'il n'y eût pas à craindre que la chaleur de l'*eau bouillante* le fit casser, je l'ai » enfoncé peu-à-peu dans cette eau; *bientôt* » *l'esprit-de-vin a commencé à bouillir; & aussitôt j'ai retiré le matras*. J'avois eu la précaution d'entourer son col d'un second fil que » je pouvois faire glisser en montant. Avec ce » fil, j'ai marqué l'endroit où l'*esprit-de-vin* » étoit resté *après que les bouillemens avoient* » *été appaisés*. Aussi-tôt j'ai remis l'*esprit-de-vin* » dans l'*eau bouillante*. Il s'est élevé au-dessus » du fil & bientôt il a bouilli. J'ai retiré le

---

(*a*) Voilà une expression équivoque; & l'on en trouve plusieurs autres semblables qui peuvent avoir donné lieu à l'erreur où l'on est tombé sur le dégré 80 de M. *de Réaumur*.

» matras. J'ai élevé le fil j'usqu'à l'endroit où » l'*esprit-de-vin* s'est trouvé *après que les bulles* » *ont eu disparu*. Quand j'ai eu repété ce » manège jusqu'à 5 ou 6 fois au plus, le » terme de l'élévation marquée par le fil *après* » *les bouillonnemens cessés*, s'est trouvé cons- » tamment le même; ainsi je l'ai regardé comme » le *terme de la plus grande dilatation que l'eau* » *bouillante puisse donner à cet esprit-de-vin*, » *sans le faire bouillir* (*a*). Dans d'autres expé- » riences, dont il suffira de rapporter les résul- » tats, *j'ai suivi de pareils procédés*. Pour ache- » ver celle que nous avons commencé de » détailler, il ne restoit plus qu'à mesurer la » capacité de l'intervalle compris entre les » deux fils, en mesures pareilles à celles dont » il y avoit 400 jusqu'au premier fil, jusqu'à » celui qui marquoit le terme de la congéla- » tion artificielle. J'ai trouvé que cet espace » contenoit 35 de ces mesures. Ainsi le volume » de *l'esprit-de-vin*, qui, condensé par la glace » artificielle, étoit 400, *rarefié par la chaleur* » *de l'eau bouillante* (*b*), étoit 435. Cet *esprit-* » *de-vin* étoit du meilleur qui se trouve ordi- » nairement chez les Marchands. Brûlé dans la » cuillière, il ne laissoit point d'eau; il allu- » moit la poudre ».

Moment de la détermin. du dégré 80 de M. de Réaumur.

(*a*) C'est-là la vraie définition du dégré 80 de M. *de Réaumur*, comme on le verra bientôt.

(*b*) Autre Expression équivoque. M. *de Réaumur* ne regardoit l'*eau bouillante* que comme un *moyen*; & on l'a prise sur cette expression, souvent répétée, comme un *terme fixe* dans son Thermomètre.

442 *g.* Après bien des expériences sur les divers dégrés de dilatabilité de différens mélanges d'*eau* & d'*esprit-de-vin*, M. *de Rèaumur*, par des considérations qu'il indique, se détermina pour celui dont le volume augmente de $\frac{80}{1000}$ dans l'épreuve que je viens de rapporter. Ce mélange doit être d'environ 5 parties d'*esprit-de-vin qui brûle la poudre*, & d'une partie d'*eau*; on le trouve par la règle que M. *de Réaumur* indique lui-même (*a*).

L'esprit-de-vin de M. de Réaumur étoit mêlé d'un cinquième d'eau.

442 *h.* Si l'on fait attention à ce procédé de M. *de Réaumur*, on verra bien que sa liqueur, quoique plongée dans l'*eau bouillante*, n'en acquéroit pas toute la chaleur, puisqu'il retiroit son matras dès que la liqueur commençoit à bouillir. C'est donc une bien grande erreur, que de nommer le dégré 80 de M. *de Réaumur*, le *terme de l'eau bouillante.*

Son *terme fixe supérieur* est bien audessous de *l'eau bouill.*

442 *i.* On voit encore que ce dégré n'est pas même le terme de son *esprit-de-vin* bouillant; puisqu'il n'observoit le volume de cette liqueur dans le matras, qu'au moment où elle cessoit de bouillir.

Il n'est qu'à *la chaleur de son esprit-de-vin qui cesse de bouillir.*

442 *k.* Mais comment déterminer ce dégré? Les premières diminutions de la chaleur dans un liquide qui bout & qu'on retire de dessus le feu, sont si rapides, qu'un Thermomètre ne peut les suivre. D'ailleurs, leur plus ou moins de rapidité dépend, entr'autres, du volume du liquide, & M. *de Réaumur* n'a pas indiqué la

Chaleur très-difficile à déterminer.

(*a*) *Mém. de l'Académie des Sciences, &c.* 1730, *in*-12, page 701.

quantité d'*esprit-de-vin* qu'il employoit. Il est donc bien difficile de déterminer ce dégré de chaleur, par des expériences immédiates.

Les deux *termes fixes* de M. *de Réaumur* étant vagues, ne peuvent servir à faire connoître son *échelle*.

442 *l*. Ayant un point de correspondance bien établi, entre mon Thermomètre & celui de M. *de Réaumur*, par l'expérience faite dans les caves de l'Observatoire, il m'auroit suffi de connoître sûrement l'un des *termes fixes* de l'*échelle* de M. *de Réaumur*, pour que tout son Thermomètre m'eût été connu. Mais l'un & l'autre de ces *termes* étant vague, le problème devenoit très-difficile. La route que j'ai suivie pour le résoudre, s'est trouvée fort longue, parce que j'ai été réduit à des tâtonnemens. Cependant, comme j'ai lieu de croire que cette route est sûre, je la suivrai aussi dans mon exposition.

La chaleur de son *esprit-de-vin bouillant*, peut donner une idée de son *terme fixe supérieur*.

443 *a*. Ma première ressource fut dans une température fixe, celle de la liqueur de M. *de Réaumur* quand elle bout. Cette température étoit assez semblable au *terme fixe supérieur* de M. *de Réaumur*, pour qu'on pût la considérer d'abord comme ce terme même, & assez éloignée du point des *caves*, qui devoit être l'autre terme de comparaison, pour que la différence du *terme* vrai au supposé, n'influât que très-peu sur la détermination du *terme fixe inférieur*.

Avantage de cette maniè-re de le cher-cher.

443 *b*. La température de cet *esprit-de-vin bouillant*, pouvoit bien différer autant du dégré 80 de M. *de Réaumur*, que la température de la *glace qui fond* différoit de son *zéro*. Mais la distance du point 80 à celui des *caves* étant 7 fois plus grande que celle de celui-ci à *zéro*,

une erreur sur le point 80 devoit influer 7 fois moins sur le *terme* opposé, que la même erreur sur celui-ci ne devoit influer sur le point 80. (442 *d*).

443 *c*. Je fis donc bouillir, au bain-marie, de l'*esprit-de vin* affoibli par une cinquième partie d'*eau*, & j'y plongeai mon Thermomètre de même liqueur: il monta à $64\frac{8}{100}$. Je supposai donc d'abord que ce point étoit correspondant à 80, sur le Thermomètre de M. *de Réaumur*.

Chaleur de cet *esprit-de-vin bouillant*, exprimée en dégrés de mon *Therm.*

443 *d*. J'avois ainsi deux termes de comparaison entre ces Thermomètres:

Rapport entre les dégrés des 2 Ther. conclu de cette expér.

80 du Th. de M. *de Réaumur*, correspondoient à $64\frac{1}{10}$ sur le mien;

& $10\frac{1}{4}$ . . . (dans les *caves*) . . . . $7\frac{6}{10}$

$69\frac{3}{4}$ { L'intervalle de ces deux points sur le Thermomètre de M. *de Réaumur*. — $56\frac{7}{10}$ { Intervalle de ces 2 points sur mon Th.

Ces intervalles étant censés correspondans, il en résultoit, que le nombre des dégrés de M. *de Réaumur*, dans un certain intervalle, étoit au nombre des miens dans le même intervalle, comme 69, 75 à 56, 70.

443 *e*. En partant de ce nouveau rapport, la température des *caves* étant sur mon Thermomètre à 7, 6; si le *zéro* des deux Thermomètres étoit au même point, cette température seroit sur le Thermomètre de M. *de Réaumur* à 9, 35 (5670 : 6975 : : 7, 6 : 9, 35). Mais M. *de Réaumur* l'a observée à 10, 25; donc son *zéro* seroit plus bas que le mien de 10, 25 — 9, 35 = 0, 90.

Position du *zéro* de M. *de Réaumur*, sur mon Therm. d'après cette fixation.

Erreur connue dans cette fixation.

443 *f.* C'étoit approcher sûrement du vrai, que de trouver le *zéro* de M. *de Réaumur* plus bas que le mien. Car certainement la *glace qui se forme*, qui est son *zéro*, a moins de chaleur que la *glace qui fond*, qui est le mien. Quant à la fixation de cette différence, qui résultoit du dernier rapport, je sçavois qu'elle étoit affectée de l'erreur laissée dans l'un des termes de comparaison, provenant de ce que le dégré 80 de M. *de Réaumur* étoit la température de sa liqueur *cessant de bouillir*, & non *bouillante*.

Le *zéro* de M. *de Réaumur* devoit être un peu moins au-dessous du mien.

443 *g.* Cette erreur, en plaçant le dégré 80 de M. *de Réaumur* un peu trop haut sur mon Thermomètre, augmentoit vicieusement le nombre de mes dégrés correspondant à 69 $\frac{3}{4}$ de M. *de Réaumur*. Ainsi le rapport de ses dégrés aux miens, devoit être celui de 69, 75 à 56, 70, *moins la différence de température de la liqueur bouillante à celle qui cesse de bouillir.* Par conséquent 7, 6 de mon Thermomètre (observation dans les *caves*), devoient faire un peu plus de 9, 35 de M. *de Réaumur*. Et comme c'étoit de la différence de 9, 35 à 10, 25, que je concluois la place du *zéro* de M. *de Réaumur* sur mon Thermomètre, cette différence devant être un peu moindre, le *zéro* de M. *de Réaumur* devoit être aussi un peu moins au-dessous du mien, qu'il ne se trouvoit par le calcul précédent.

On pouvoit déterminer la place par quelque observ. corresp. dans une tempér. fixe

443 *h.* Pour parvenir plus sûrement à déterminer cette différence, je m'arrêtai à chercher quelque point correspondant des deux Thermomètres dans une température inférieure à *zéro*. Parce que dans le calcul d'une telle ob-

servation, l'erreur du rapport établi devoit influer en sens contraire : elle devoit placer le *zéro* de M. *de Réaumur* au-dessus du vrai point, par la même raison, qu'en partant de l'observation faite dans les *caves*, elle le place au-dessous. Et en prenant une moyenne proportionnelle entre les deux positions trouvées du *zéro* de M. *de Réaumur*, proportionnellement affectée de l'erreur, je pouvois avoir & le vrai lieu de ce *zéro*, & le vrai rapport entre les dégrés des deux Thermomètres, & le point correspondant sur le mien au dégré 80 de M. *de Réaumur*, en un mot tout ce que je cherchois. au-dessous de *zéro.*

443 *i.* J'avois un avantage particulier dans ce moyen, c'est qu'il devoit me faire connoître, si l'erreur que je supposois dans le rapport des dégrés étoit réelle, & dans le sens que je l'imaginois. Car si, contre mon opinion, ce rapport étoit juste, le calcul de la nouvelle observation, devoit placer le *zéro* de M. *de Réaumur* au même point, que par l'observation faite dans les *caves*. Et si l'erreur du rapport étoit en sens contraire, je devois trouver ce *zéro* plus bas encore, que par cette observation. Avantage de ce moyen.

443 *k.* Je n'avois donc besoin que de ce point correspondant des deux Thermomètres au-dessous de *zéro*, & je le trouvai dans la *congélation artificielle*, produite par le mélange de deux parties de *glace disposée à fondre*, & d'une partie de *sel marin*, dont M. *de Réaumur* a constamment trouvé la température, à 15 dégrés au-dessous de son *zéro*. La tempér. du mélange de 2 part. de *glace* & d'une partie de *sel marin*, choisie pour cette observation correspond.

443 *l.* Je pris une livre de *sel marin* & deux Expér. dans ce mélange avec *mon Th.*

livres de *glace pilée*, je les étendis par couches alternatives, suivant que le prescrit M. *de Réaumur*, & j'y ensevelis mon Thermomètre d'*esprit-de-vin*. Il descendit à — 12, 7; & il demeura demi-heure à ce point, sans que l'addition d'une demi-dose de *glace* & de *sel*, changeât rien à la température du premier mélange.

Répétition de cette exp. avec des doses doubles. 443 *m*. Je répétai cette expérience avec double dose de *glace* & de *sel*, pour sçavoir si la quantité absolue de ces matières produisoit quelque différence dans la température qui en résultoit. Mon Thermomètre s'arrêta précisément au même point.

Expression de cette tempér sur les 2 Th. 443 *n*. Ainsi — 12, 7, de mon Thermomètre d'*esprit-de-vin* correspondent à — 15 du Thermomètre de M. *de Réaumur*.

Nouvelle position du *zéro* de M. *de Réaumur* sur *mon Therm.* 443 *o*. En réduisant — 12, 7, de mon Thermomètre, en dégrés de M. *de Réaumur*, suivant le rapport de 5670 à 6975, on aura — 15, 65 de M. *de Réaumur*, au lieu de — 15 qu'il a trouvé par l'observation. Ces $\frac{65}{100}$ de différence, sont la quantité dont la *zéro* de M. *de Réaumur* est indiqué plus bas que le mien par cette observation.

L'erreur de cette position est en sens contraire de celle de la précéd. 443 *p*. Voilà donc les deux positions que je cherchois du *zéro* de M. *de Réaumur*, déduites d'un même rapport entre les dégrés de deux Thermomètres. L'une, par l'observation dans les *caves*, est — 0, 90, & nous avons vu que ce point devoit être trop bas (443 *g*.): l'autre, par la *congélation forcée*, est — 0, 65; qui par la même raison se trouve trop haut (443 *h*.). Et il suit de la nature de ces erreurs, que dans le rapport de 5670 à

6975, le nombre 5670 est trop grand, comme je le présumois (443 *g.*)

443 *q.* Le vrai *zéro* de M. *de Réaumur*, qui doit se trouver entre ces deux termes, est distant de chacun d'eux, en sens contraire, porportionnellement à la distance à mon *zéro* des points indiqués sur mon Thermomètre dans chacune des observations. Car l'erreur produite par le vice du rapport, exprimée en parties de dégré, est d'autant plus grande, que le nombre de dégrés calculés par ce rapport est plus grand.

La vraie position est entre ces deux-là, & peut être déterminée.

443 *r.* Par conséquent:

Détermina t. du *zéro* de M. *de Réaumur* sur *mon Ther.*

Comme la somme des *dégrés* dans les deux observations (7,6 + 12,7) . . 20,3
est à la somme des deux *erreurs* au-dessus & au-dessous du *zéro* de M. *de Réaumur*, qui est la différence des deux positions trouvées . . . .
. . . (0,90 — 0,65) 0,25

Ainsi le nombre des *dégrés* dans l'observation au-dessous de *zéro* 12,7
est à l'erreur dont le résultat de cette observation est affectée, soit à la quantité dont le vrai *zéro* de M. *de Réaumur* est *au-dessous* de la position (— 0, 65) résultante du calcul de cette observation; . . . 0,15

Ainsi encore le nombre des dégrés dans l'observation faite au-dessus de *zéro* 7,6
est à la quantité dont le vrai *zéro* de M. *de Réaumur* est *au-dessus* de la position (— 0, 90) résultante du calcul de cette observation . . . 0,10

Par l'un & l'autre de ces résultats, le *zéro* de M. *de Réaumur* se trouve placé *au-dessous* de mon *zéro* d'une même quantité, qui est o, 8; ou $\frac{4}{5}$ de dégré de sa propre *échelle*: car o, 65 + o, 15 = o, 80, & o, 90 — o, 10 = o, 80.

Expérience qui confirme cette détermination.

443 *s*. On se rappelle que M. *de Réaumur* définissoit son *zéro*, le *froid qui suffit pour geler* (436 *c*.). Or $\frac{4}{5}$ de dégré au-dessous de mon *zéro*, sont à-peu-près le milieu entre les résultats de plusieurs expériences que j'ai faites, pour connoître à quelle température est l'*eau*, quand elle commence à se convertir en glace. Par conséquent les expériences immédiates concourent à fortifier cette fixation du *zéro* de M. *de Réaumur*.

Détermination du *rapport des dégrés* des 2 Ther.

443 *t*. Les mêmes observations qui me servoient à fixer ce point, me fournissoient en même tems un nouveau rapport entre les dégrés des deux Thermomètres. Car l'intervalle de + 10 $\frac{1}{2}$ à - 15, sçavoir 25 $\frac{1}{2}$ sur le Thermomètre de M. *de Réaumur*, qui est la somme des dégrés des observations dans les *caves* & dans la glace mêlée de sel, est semblable à l'intervalle correspondant de + 7, 6 à — 12, 7; sçavoir 20, 3, sur mon Thermomètre. Ainsi 25 $\frac{1}{4}$ dégrés de M. *de Réaumur*, correspondent à 20 $\frac{3}{10}$ de mes dégrés. Et généralement, *le nombre des dégrés de M.* de Réaumur, *dans un certain intervalle, est au nombre de mes dégrés dans le même intervalle, comme 2525 à 2030, ou* sensiblement, *comme 66 à 53*. C'est-là le rapport auquel je me suis arrêté. Il est semblable à celui de

6975 à 5601 & non 5670, nombre que j'avois admis d'abord, présumant cependant qu'il étoit trop grand (443 *g.*).

443 *u.* En calculant par ce rapport les 80 dégrès de l'*échelle* de M. *de Réaumur* au-dessus de son *zéro*, moins $\frac{8}{10}$ dont ce *zéro* est au-dessous du mien, on trouvera que le point 80 de M. *de Réaumur* correspond à 63 $\frac{7}{10}$ sur mon Thermomètre (66 : 53 : : 80 — 0, 8 : 63, 7.).

Détermination du *dégré* 80 de M. *de Réaumur* sur mon *Therm.*

443 *x.* Ce point de mon *échelle* diffère de $\frac{16}{10}$ de dégré, de 64 $\frac{3}{10}$ où, comme je l'ai dit (443 *c.*), la liqueur de M. *de Réaumur* porte mon Thermomètre quand elle bout, c'est-à-dire, qu'à l'instant où elle cesse de bouillir, elle a perdu $\frac{6}{10}$ de *dégré* de sa plus grande chaleur. L'eau en perd environ 1 *dégré* en passant de l'un à l'autre de ces états, mais l'eau est moins *sensible* à la chaleur que l'*esprit-de-vin*. J'ai dit ci-devant (442 *k.*), qu'il est difficile de déterminer exactement ces *pertes*; cependant on peut juger assez sûrement, que celle de $\frac{6}{10}$ de *dégré* dans la liqueur de M. *de Réaumur*, conclue du calcul ci-dessus, ne doit pas s'écarter de la vérité. Ainsi ce résultat est une nouvelle preuve de l'exactitude des déterminations précédentes.

Expérience qui confirme cette détermination.

443 *y.* En combinant le rapport fixé entre les dégrés des deux Thermomètres, avec la différence trouvée entre le *zéro* de M. *de Réaumur* & le mien, qui est une quantité constante à ajouter ou à soustraire, suivant les cas, on a deux formules, par lesquelles on peut réduire les observations faites sur l'un

Formules pour trouver tous les points réciproquement correspond. des 2 Ther.

des deux Thermomètres, en dégrés de l'autre. Si l'observation est faite sur celui de M. *de Réaumur*, en nommant *a* le nombre des dégrés observés, on aura le point corresp. sur le mien, par cette formule, $\frac{53}{66} \times \overline{a \mp 0,8}$; le signe —, servant pour les dégrés de M. *de Réaumur* au-dessus de son *zéro*, & le signe +, pour ceux qui sont au-dessous. Et si l'observation est faite sur mon Thermomètre, on aura le point correspondant du Thermomètre de M. *de Réaumur*, par cette autre formule $\frac{66\,a}{53} \pm 0,8$; le signe +, servant pour les dégrés de mon Thermomètre qui sont au-dessus de mon *zéro*; & le signe —, pour ceux qui sont au-dessous: la lettre *a*, tenant la place du nombre des dégrés *observés* sur mon Thermomètre.

Grande diff. du vrai point de *l'eau bouil.* sur le Ther. de M. *de Réaumur*, avec celui où on le place communém.

443 *z*. Maintenant si l'on cherche par cette dernière formule, à quel dégré la chaleur *réelle* de l'*eau bouillante*, qui est 80 sur mon Thermomètre, porteroit le Thermomètre de M. *de Réaumur*, on trouvera $\frac{66 \times 80}{53} + 0,8 = 100,4$. On voit par-là d'un coup-d'œil, quel écart on fait en supposant que la *chaleur de l'eau bouillante* est au dégré 80 de M. *de Réaumur*.

Cette différ. avoit déjà été remarquée.

444 *a*. Je puis ajouter aux preuves que j'ai données jusqu'ici des erreurs où l'on est

tombé sur le Thermomètre de M. *de Réaumur*, les remarques de deux Observateurs qui m'ont précédé dans cette recherche.

444 *b*. M. *Martine* (*a*) avoit présumé que le dégré 80 de M. *de Réaumur* n'indiquoit que la chaleur de son *esprit-de-vin bouillant*, & par cette raison, il le faisoit correspondre au dégré 180 de *Fahrenheit*, c'est-à-dire, à Conjecture de M. *Martine* à ce sujet.

$$\frac{\overline{180 - 32} \times 80}{212 - 32} = 65\tfrac{7}{9}$$ du Thermomètre

de mercure divisé en 80 parties entre la *glace qui fond* & l'*eau bouillante* (430 *c*.), qui répondent à 62, 6, de mon Thermomètre d'*esprit-de vin* (426 *b*.). Le peu d'attention qu'on a fait à ce premier doute, sur la température exprimée par le dégré 80 de M. *de Réaumur*, provient certainement de ce qu'on n'a pu croire qu'il différât tellement de la chaleur de l'*eau bouillante* : il falloit des expériences directes pour le persuader. On n'y a pas fait attention, & pourquoi.

444 *c*. M. *Martine* n'a pas autant approché du vrai sur le *terme fixe inférieur* de M. *de Réaumur*. Il ne paroît pas qu'il connût la différence de *marche* des Thermomètres de *mercure* & d'*esprit-de-vin* : c'est-pourquoi il calcule leurs dégrés, comme s'ils ne différoient qu'en nombre dans la même étendue. Partant de sa conjecture sur le dégré 80 de M. *de Réaumur*, il estime que ses dégrés sont à ceux de *Fahrenheit*, à-peu-près comme 80 à 180 — 32; & il emploie ce M. *Martine* n'a pas bien connu le *zéro* de M. *de Réaumur*.

(*a*) *Dissertations sur la Chaleur*, &c., *in-12*, Paris 1751, page 34.

rapport pour chercher à quel dégré de ce dernier Thermomètre doit correspondre le *zéro* du premier. C'est du moins ce qui résulte des expressions suivantes. « Comme le dégré 10 ¼ de M. *de* » *Réaumur* est, dit-il, la chaleur constante des » caves de l'Observatoire, ou notre dégré 53, » je conclus de-là que son point de la *congéla-* » *tion*, au-lieu de répondre précisément à notre » dégré 32, est un peu au-dessus du dégré 34 ». Voici comment M. *Martine* a dû faire son calcul pour trouver ce résultat: $53 - \frac{\overline{180 - 32} \times 10\frac{1}{4}}{80} = 34\frac{1}{2}$; ce qui fait 2 ½ dégrés au-dessus du point que l'on nomme *congélation* dans le Thermomètre de *Farhenheit*.

Sa fixation de ce point sur le Ther. de *Fahrenheit*.

444 *d*. M. *Martine* plaçoit le *zéro* de M. *de Réaumur* au-dessus de la *congélation*, parce qu'il croyoit que les grosses boules de ses Thermomètres, n'avoient pas le tems de se conformer à la température de la glace formée autour d'elles, avant la fonte de cette glace (*a*). J'ai dit ci-devant, que la lenteur des Thermomètres de M. *de Réaumur* à se conformer à la température ambiante, avoit pu lui faire trouver accidentellement un terme fixe dans la formation de la glace (436 *m*); ce qui a quelque rapport avec la remarque de M. *Martine*. Mais ce terme est certainement au-dessous de celui où la glace fond, & non pas au-dessus.

Raison qu'il donne de le placer au-dessus de la *congélation*.

444 *e*. M. *Ducrest* avoit remarqué, comme

M. *Ducrest* a trouvé l'*eau bouillante* diversement plus haut que 80 sur des

(*a*) *Dissertations sur la Chaleur*, déjà citées, page 30.

M. *Martine*, mais par une autre route, que le dégré 80 de M. *de Réaumur* étoit bien inférieur *à l'eau bouillante*. Ayant comparé ses Thermomètres avec plusieurs de ceux que M. *de Réaumur* avoit construits lui-même, il trouva que l'un devoit marquer la chaleur de l'*eau bouillante* par 105 $\frac{1}{2}$, un autre par 110 $\frac{1}{4}$ (c'est le gros Thermomètre de l'Observatoire); & un troisième par 115 $\frac{1}{2}$ (*a*).

Therm. faits par M. *de Réaumur.*

444 *f.* Quoique les *termes fixes* de M. *de Réaumur* soyent très-vagues dans leurs principes, je ne doute point qu'ils ne fussent accidentellement déterminés pour lui; & par conséquent je ne puis croire que les différences observées par M. *Ducrest*, entre ces trois Thermomètres, soient dûes à la différence de leur construction. Je pense plutôt qu'elles proviennent de la difficulté de comparer ces Thermomètres (très-peu *sensibles* à cause de leurs grosses boules), avec des Thermomètres à petites boules, tels que ceux de M. *Ducrest.*

Ces différ. proviennent du peu de *sensibilité* des gros Therm. de M. *de Réaumur.*

444 *g.* M. *Brisson* a éprouvé cette difficulté, lorsqu'à ma prière, il a observé mon Thermomètre de *mercure* auprès d'un de ces gros Thermomètres de M. *de Réaumur*, qui lui appartient. Les hauteurs relatives de ces Thermomètres, placés l'un auprès de l'autre, changeoit tellement du matin au soir, qu'à des températures à-peu-près semblables, il s'est trouvé quelquefois, dans leurs rapports, près d'un dégré de différence. Et comme ces change-

Exp. faite par M. *Brisson*, qui le prouve.

(*a*) *Recueil de diverses Pièces sur le Thermomètre.* Basle, 1757, pages 34 & 35.

mens de rapport se faisoient dans les parties inférieures de leurs *échelles*, si l'on avoit voulu conclurre de chacune de ces observations faites sur le même Thermomètre, le point où l'auroit porté l'*eau bouillante*; il en seroit résulté des écarts aussi considérables que ceux que M. *Ducrest* a trouvés entre des Thermomètres différens.

Autre preuve tirée des observ. mêmes de M. *Ducrest.*

444 *h.* Une circonstance des observations de M. *Ducrest*, concourt à prouver que les différences qu'il a observées entre ces Thermomètres faits par M. *de Réaumur*, proviennent de leur peu de sensibilité; c'est que M. *Ducrest* a supposé le dégré de l'*eau bouillante* plus bas; & par conséquent plus rapproché du vrai, sur celui de ces Thermomètres qu'il a comparé le plus long-tems avec un des siens. C'est aussi celui qu'il a pris pour règle, en déterminant la correspondance de son *échelle* avec celle de M. *de Réaumur*. J'ai du moins un Thermomètre fait avec le plus grand soin par M. *Ducrest* lui-même, & garni de diverses *échelles*, où la chaleur de l'*eau bouillante* est marquée à 105 ½ sur l'*échelle* qui porte le nom de M. *de Réaumur*.

Erreur de M. *Ducrest* sur se *zéro* de M. *de Réaumur.*

444 *i.* J'ai vu aussi par ce même Thermomètre fait en 1741, que M. *Ducrest* plaçoit, dès ce tems-là, le *zéro* de M. *de Réaumur*, à la température de *la glace qui fond.* Ainsi, bien près de son origine, le Thermomètre de M. *de Réaumur* fut déjà altéré.

Vérifications des *déterminations* précédentes.

444 *k.* Lorsque je remarquai ces disparités des observations de MM. *Martine* & *Ducrest*, entr'elles & avec les miennes; elles ne me donnèrent point de défiance sur le rapport que

j'avois trouvé entre le Thermomètre de M. *de Réaumur* & le mien. J'avois été conduit pas-à-pas dans la recherche de ce rapport, par des expériences qui n'avoient pu m'égarer. Cependant je déſirois de le vérifier par quelqu'autre terme de comparaiſon, mais il eſt difficile de trouver des températures fixes, & qu'on puiſſe ſûrement reproduire.

M. *Briſſon* a déterminé la *chal. humaine* ſur le Ther. de M. *de Reaumur*, & l'a priſe pour *terme fixe*.

445 *a.* Je dois à M. *Briſſon* les ſeules épreuves de ce genre que j'aie pu faire juſqu'à préſent. Cet Académicien, ayant trouvé des difficultés dans la manière dont M. *de Réaumur* conſtruiſoit ſon Thermomètre, l'a changée fort utilement, en employant pour *terme fixe ſupérieur*, la *chaleur de l'homme en ſanté*; température qu'il a trouvée, en toute ſaiſon, à 32 ½, ſur des Thermomètres conſtruits par M. *de Réaumur* lui-même, en les tenant ſous ſon aiſſelle au moins une heure.

M. *de Réaumur* l'avoit indiquée un peu plus bas, dans ſon *Art de faire éclorre les oiſeaux.*

445 *b.* M. *de Réaumur*, parlant de la vérification de ſon Thermomètre, dans l'*Art de faire éclorre les oiſeaux domeſtiques* (*a*), place la *chaleur humaine* à 32 ſeulement. « On fera » paſſer, dit-il, la boule ſous ſa chemiſe, on » l'appliquera immédiatement ſur la peau du » ventre; & pour le mieux encore, on la con» duira juſques ſous l'aiſſelle; on l'y laiſſera » pendant environ *un quart d'heure* : dans l'inſ» tant qu'on l'aura retirée d'un lieu où un œuf » feroit couvé avec ſuccès, on examinera ſi la » ſurface de la liqueur eſt au-deſſus ou au-deſ» ſous du fil qui marque le 32me. dégré : dans

(*a*) *In-12*, Paris, 1749, Tome I, page 136.

» l'un & l'autre cas, le Thermomètre est mal
» gradué «.

Raison de cette différence.

445 *c*. M. *de Réaumur*, craignant les effets de l'ennui ou du découragement chez ceux qui ne prennent aux arts qu'un intérêt de mode, n'exigeoit qu'*un quart-d'heure* pour cette vérification de son Thermomètre. Voilà sans doute pourquoi il fixoit la *chaleur humaine* à 32. Mais un quart-d'heure ne suffit pas, pour qu'un Thermomètre soit échauffé autant qu'il peut l'être par la chaleur du corps; c'est-à-dire, pour que l'aisselle elle-même participe entièrement à la chaleur interne : il faut pour cela au moins une heure; pendant laquelle encore, il faut presser fortement le bras contre le corps, & le tenir bien couvert. Dans le premier quart-d'heure, on voit le Thermomètre monter jusqu'au 32me. dégré de M. *de Réaumur*; mais il faut souvent encore plus de trois quarts-d'heure, pour que la liqueur parcoure ce $\frac{1}{2}$ dégré que M. *Brisson* a trouvé au-delà de ce que M. *de Réaumur* exige. Lorsque le Thermomètre est parvenu à ce point, il reste fixe, quand même on le laisse sous l'aisselle durant plusieurs heures.

La chaleur humaine déterminée sur *mon Therm.*

445 *d*. Voilà donc un nouveau terme de comparaison dans nos Thermomètres. Pour l'employer à la vérification de mes formules, je mis sous mon aisselle, en été, mon Thermomètre d'*esprit-de-vin*. L'ayant vu fixe au bout d'une heure, j'arrêtai le fil qui devoit marquer ce point : il répondit à 25, 3, sur mon *échelle*. J'ai réitéré plusieurs fois cette expérience, en diverses saisons; & je n'ai trouvé qu'$\frac{1}{10}$ de différence,

férence, quelquefois en plus, d'autres fois en moins.

445 *e.* Si l'on applique à cette observation, la formule donnée ci-devant, on aura pour le point correspondant du Thermomètre de M. *de Réaumur*, $\frac{66 \times 25,3}{53} + 0,8 = 32,3$; ce qui diffère bien peu de 32, 5, trouvé par M. *Brisson*, sur les Thermomètres faits par M. *de Réaumur* lui-même. On ne pouvoit attendre plus d'exactitude dans une vérification de ce genre. Application de la *formule* précédente, qui sert de vérification.

446 *a.* Cette méthode employée par M. *Brisson* pour construire le Thermomètre de M. *de Réaumur*, l'a préservé non-seulement de l'erreur prodigieuse qu'on fait toujours en prenant dans l'*eau bouillante* le *terme fixe supérieur* de ce Thermomètre; mais encore de celle où l'on est tombé, en y employant indifféremment le *mercure*, ou des *esprits-de-vin* de divers dégrés de force. M. *Brisson* a évité, par sa méthode, l'erreur qu'on fait sur l'étendue de l'échelle de M. *de Réaumur.*

446 *b.* Comme par cette méthode on diminue la distance des deux *termes fixes*, on diminue aussi pour les dégrés inférieurs de l'*échelle* l'erreur produite par la différence des *marches* des différens *liquides;* par exemple, lorsqu'on prend l'*eau bouillante* pour *terme fixe supérieur*; la *chaleur humaine*, qui est à 25, 3, sur mon Thermomètre d'*esprit de-vin*, est à 29, 9, sur le Thermomètre de *mercure*, & seulement à 24, 5, sur celui d'*eau-de-vie*. C'est ce qu'on peut voir aisément par la table que j'ai donnée de la correspondance de ces Thermomètres. Mais si Et celle qui résulte de la différence de *marche* de différens *liquides.*

l'on prend la *chaleur humaine* pour terme fixe ; & que par conſéquent on l'exprime ſemblablement ſur ces trois Thermomètres, l'erreur par cela même ceſſe à ce point ; & elle diminue conſidérablement dans les dégrés intermédiaires juſqu'à *zéro*, qui eſt auſſi un point commun (418 *m. note*). Il eſt vrai qu'elle eſt tranſportée dans la partie ſupérieure de l'*échelle* (*ibid*) ; mais cette partie nous eſt indifférente pour les obſervations ordinaires.

Effet de la méthode de M. *Briſſon* à cet égard, ſur la partie la plus utile de l'échelle.

446 *c*. L'effet de ce changement, ſur la partie inférieure de l'*échelle*, eſt tel, qu'on pourroit employer de l'*eau-de-vie*, au lieu d'*eſprit-de-vin*, ſans erreur ſenſible ; & que la plus grande différence qu'on trouveroit, en ſubſtituant le *mercure* à l'*eſprit-de-vin*, ne ſeroit que d'environ $\frac{2}{7}$ de dégré (418 *m. note*). Il eſt donc très-utile de connoître cette reſſource : elle peut ſervir à conſtruire des Thermomètres pour les obſervations ordinaires, lorſqu'on ne pourroit pas ſe procurer le liquide qu'on ſeroit généralement convenu d'y employer.

Cette méthode peut donc être utile en certains cas.

Mais elle ne peut être fondamentale.

446 *d*. Mais on ſent bien que cette méthode ne peut être fondamentale. Le Thermomètre eſt deſtiné à meſurer des dégrés de chaleur bien plus grands que celui du corps humain, & j'ai déjà fait remarquer, qu'on ne ſe délivre dans la partie inférieure de l'*échelle*, des diſparités qui réſultent de la différence des liquides, qu'en augmentant beaucoup ces diſparités dans la partie ſupérieure. D'ailleurs la chaleur du *corps humain* n'eſt ni aſſez facile à ſaiſir, ni aſſez ſemblable dans tous les corps, ni aſſez fixe dans le même corps, pour ſervir de règle

dans un inſtrument qu'on emploie ſouvent à des expériences très-délicates.

446 *e.* Cette indétermination, quoique reſſerrée dans des limites étroites, eſt un défaut eſſentiel à ce point; parce qu'étant à une petite diſtance de l'autre *terme fixe*, la moindre erreur dans ſa fixation s'apperçoit dans toutes les parties de l'*échelle*: au lieu qu'en prenant un point fort éloigné, tel que celui de l'*eau bouillante*, les erreurs qui peuvent s'y gliſſer ſe diviſent dans un plus grand eſpace, & ceſſent par conſéquent d'être ſenſibles à quelque diſtance de leur origine.

Le *terme* de l'*eau bouil.* eſt préférable à celui de la *chaleur humaine.*

446 *f.* Il faut encore remarquer ſur la méthode de M. *Briſſon*, que, quoiqu'elle parte d'un point connu ſur le Thermomètre de M. *de Réaumur*, elle ne peut ſervir à conſtruire ce Thermomètre (tel du moins que ſon auteur l'avoit annoncé dans tous ſes ouvrages), ſans qu'on y introduiſe encore la fixation de ſon *zéro* à $\frac{8}{10}$ de dégré au-deſſous de la température de *la glace qui fond.*

Différ. du *terme infér.* de M. *Briſſon* avec celui du vrai Therm. de M. *de Réaumur.*

446 *g.* Il paroît que M. *de Réaumur*, après avoir décrit ſon Thermomètre, & publié les premières obſervations qu'il avoit faites avec cet inſtrument, n'avoit pas cru que la différence de ſon premier *zéro* avec la température de *la glace qui fond*, valût la peine d'être conſidérée, & qu'il vint à la négliger dans la pratique. Il y fut vraiſemblablement déterminé par l'appareil qu'exigeoit ſa première méthode; peut-être auſſi qu'il apperçut, que le commencement de la *congélation* n'étoit pas une température bien fixe, ni bien aiſée à ſaiſir.

Il paroît que M. *de Réaumur* étoit venu lui-même à négliger cette différ.

Ce qu'il y a de certain, c'est qu'il a employé la *glace* pilée & *disposée à fondre*, pour fixer le *zéro* de plusieurs de ses Thermomètres; & que M. *Brisson*, qui l'a vu opérer, a adopté cette méthode.

Nouvelle vérification de détermination de son *vrai* Therm. tirée de cette différence.

447 *a*. Ce changement, fait par M. *de Réaumur* dans la manière de fixer son *zéro*, adopté par M. *Brisson*, me fournit une nouvelle vérification des points que j'ai déterminés sur le *vrai* Thermomètre de M. *de Réaumur*; c'est-à-dire, toujours celui qu'il a décrit lui-même. Car nous avons l'observation de ce Thermomètre dans les *caves de l'Observatoire*, faite aussi par lui-même, & celle des quatre Thermomètres d'*esprit-de-vin* de M. *Brisson*, qui ont toujours été d'accord dans ce même lieu, & qui ne diffèrent du *vrai* Thermomètre de M. *de Réaumur*, que par la manière de fixer le *zéro*.

Observation du Ther. de M. *Brisson* dans les *caves de l'Observ.*

447 *b*. Le 21 Avril 1765, ces Thermomètres se trouvèrent à 9 $\frac{3}{4}$ dans les *caves*. Je prends l'observation de ce jour-là pour terme de comparaison, parce qu'elle fut faite avec beaucoup d'exactitude, & qu'elle tient le milieu entre celles du 20 & du 23, dont elle diffère très-peu. J'écarte l'observation du 19, où visiblement les Thermomètres furent échauffés par la manière dont M. *de Béost* les observa (441 *p*).

Différ. de cette observ. avec celle de M. *de Réaumur* sur son *vrai* Therm.

447 *c*. Nous avons donc à comparer le vrai Thermomètre de M. *de Réaumur*, qui se tenoit à 10 $\frac{1}{4}$ dans les *caves*, avec le Thermomètre de M. *Brisson* (où la chaleur du corps humain est, comme dans le Thermomètre de M. *de Réaumur*, à 32 $\frac{1}{2}$; mais dont le *zéro* est *la glace qui fond*), lequel se tient à 9 $\frac{3}{4}$ dans les *caves*.

447 *d.* Il faut d'abord remarquer, que le point 32 $\frac{1}{2}$, étant déterminé par des expériences immédiates faites par M. *Brisson* sur les deux Thermomètres, est bien un point commun; mais que la grandeur de l'intervalle à diviser par 32 $\frac{1}{2}$, & par conséquent la grandeur des dégrés respectives, dépend du point d'où on les compte; c'est-à-dire, du point où le *zéro* est placé.

Raison de diff. dans les dégr. de ces deux Ther.

447 *e.* Je suppose que j'ai bien déterminé la différence de ce point sur les deux Thermomètres, en la fixant à $\frac{8}{10}$ de dégré, dont le *zéro* de M. *de Réaumur* est plus bas que celui de M. *Brisson*, qui est semblable au mien. L'intervalle de *zéro* à + 32 $\frac{1}{2}$, est donc plus petit de $\frac{8}{10}$ de dégré, sur le Thermomètre de M. *Brisson*, que sur celui de M. *de Réaumur*; & par conséquent, les dégrés du premier sont à ceux du dernier, comme 32, 5 à 32, 5 + 0, 8 = 33, 3. Et comme le nombre des dégrés dans le même intervalle est en raison inverse de leur grandeur, on aura le nombre de dégrés de M. *de Réaumur*, correspondant à + 9 $\frac{1}{4}$ de l'autre Thermomètre par cette proportion; 33, 3 : 32, 5 : : 9 $\frac{1}{4}$: 9, 5. Ainsi l'intervalle compris entre le *zéro* du Thermomètre de M. *Brisson*, & le point observé dans les *caves*, quoique de 9 $\frac{1}{4}$ *dégrés*, sur l'*échelle* de ce Thermomètre; ne contenoit réellement que 9 $\frac{5}{10}$ des *vrais dégrés* de M. *de Réaumur*.

Réduct. de l'obser. dans les *caves* sur le Therm. de M. *Brisson*, en *vrais* dég. de M. *de Réaumur.*

447 *f.* Si l'on ajoûte maintenant à 9 $\frac{5}{10}$, les $\frac{8}{10}$ dont j'ai trouvé que le vrai *zéro* de M. *de Réaumur* devoit être plus bas que celui de M. *Brisson*; on aura 10 $\frac{1}{10}$, qui diffère de $\frac{1}{10}$

Par la détermi nat. faite ci-devant du vrai *zéro* de M. *de Réau-*

mur, les deux observations sont d'accord.

seulement, de 10 ¼ qu'avoit observé M. *de Réaumur*, & cette différence, qui se trouve par le calcul, n'est pas saisissable dans l'observation.

Avantage de cette vérification.

447 *g*. Cette dernière vérification, qui indique encore plus d'exactitude que la précédente dans ma fixation de ce point fondamental du Thermomètre de M. *de Réaumur*, est en même tems la plus sûre; car elle résulte de la comparaison des deux Thermomètres, sous l'aisselle d'un même individu; ce qui donne plus sûrement un point commun : & peut-être que la petite différence que j'ai trouvée dans la vérification précédente, ne procède que d'une différence semblable entre *la chaleur naturelle* de M. *Brisson* & la mienne, que nous n'avons pû comparer. M. *Brisson* tenta bien d'en faire l'épreuve sur mon Thermomètre; mais il trouva quelque difficulté à le séparer de sa monture, & il y renonça, de peur de le rompre.

Elle confirme les déterminat. précédentes de toutes les parties du Therm. de M. *de Réaumur*.

447 *h*. J'ai déterminé le *zéro* de M. *de Réaumur*, par une route qui a produit en même tems la fixation de toutes les autres parties de ce Thermomètre, & par une route absolument différente, je suis arrivé au même résultat sur ce point particulier. C'est donc une nouvelle preuve, en faveur du tout ensemble des rapports que j'ai établis, entre le Thermomètre de M. *de Réaumur* & *mon Thermomètre d'esprit-de-vin*.

Déterm. des rapports entre le *Therm.* de M. *de*

448 *a*. Mon but principal dans les expériences que je viens de détailler, étoit de connoître le rapport du *vrai Thermomètre* de M. *de Réau-*

mur, avec le *Thermomètre de mercure divisé en 80 parties, entre la glace qui fond & l'eau bouillante.* Mon Thermomètre d'*esprit-de-vin*, semblable à celui de M. *de Réaumur* par sa liqueur, & à ce Thermomètre de *mercure* par son *échelle* (418 *c*), peut nous servir maintenant de terme de comparaison. J'ai donné (426 *b*) les *marches* correspondantes de *mon Thermomètre* d'*esprit-de-vin* & de celui de *mercure* : je viens de montrer le rapport du premier avec celui de M. *de Réaumur*, on peut donc trouver tous les points correspondans de ces trois Thermomètres.

Réaumur, & le Ther. de *mercure divisé en 80 parties.*

448 *b*. Voici une Table qui indique cette correspondance de 5 en 5 dégrés du Thermomètre de *mercure* ; les dégrés intermédiaires s'estimeront aisément.



Table de dégrés corresp. entre le vrai *Thermomètre de M.* de Réaumur, *& les Thermomètres* de même liqueur que le sien *& de* mercure, *divisés en 80 parties entre* la glace qui fond *& l'*eau bouillante.

	Thermomètre de mercure.	*Therm. de la liq. de M.* de Réaumur: *même* éch. *que celui du merc.*	*Vrai Therm. de M.* de Réaumur.
Eau bouillante...	80	80,0	100,4
	75	73,9	92,8
Terme fixe supérieur du Therm. de M. *de Réaumur.*	70	67,8	85,2
	66,6	63,7	80,0
	65	61,8	77,8
	60	56,2	70,8
	55	50,5	63,7
	50	45,0	56,8
	45	39,8	50,4
	40	35,0	44,2
	35	30,1	38,3
Température du *corps humain*, par des observations immédiates sur les trois Ther.	30	25,5	32,6
	29,9	25,3	32,5
	25	20,8	26,7
	20	16,3	21,1
Tempér. des *caves de l'Observat. de Paris*, par observ. imméd. sur le Ther. de *merc* & sur celui de M. *de Réaumur.*	15	11,9	15,6
	10	7,9	10,6
	9,6	7,6	10,25
	5	3,9	5,7
Glace qui fond...	0	0,0	0,8
Terme fixe infér. de M. *de Réaumur*, ou son *zéro.*	0,8	0,7	0.0
	5	3,8	3,9
Temp. du mélange de 2 parties de *glace qui fond*, & d'une partie de *sel marin*, par observ. imméd. sur les trois Thermom.	10	7,5	8,5
	15	11,2	13,1
	17,	12,7	15,0

448 *c.* Maintenant que l'on voit les grandes différences qui se trouvent réellement entre des Thermomètres qui sont si généralement confondus sous la même dénomination, on ne sera plus surpris des contradictions qu'on remarquoit quelquefois dans les observations de la chaleur. Grande diff. dans les Th. qu'on a confondus sous le nom de M. *de Réaumur.*

448 *d.* C'est principalement à l'invitation de M. *de la Lande*, que j'ai écrit sur le Thermomètre. Les travaux astronomiques de ce célèbre Académicien, ne lui ayant pas permis de s'occuper d'un Mémoire qui lui avoit été remis, sur ces contradictions que renferme souvent le langage des Physiciens dans l'expression des dégrés de chaleur, il m'envoya ce Mémoire, & j'y trouvai entr'autres ce qui suit. « On voit des » observations de chaleur, faites *sur le Thermomètre de M. de Réaumur*, qui paroissent » absolument impossibles ; par exemple, la » chaleur de *Syrie* à 50 dégrés, du *Sénégal* à » 39 dégrés.... D'un autre côté, il est fait » mention dans le *Magasin universel* de Venise » (3e. nombre, pag. 478), d'une chaleur » extraordinaire de *Berlin*, qui étoit à 22 dé» grés sur le Thermomètre de M. *de Réaumur* ; » ce qui ne fait au contraire qu'une chaleur » très-médiocre ». Exemple des contradict. qui en sont résultées dans les observations.

448 *e.* Les observations précédentes expliquent ces contradictions. Il est très-probable que le Thermomètre de *Berlin* étoit fait d'*esprit-de-vin*, qu'on l'avoit rendu capable de supporter l'*eau bouillante* ; & que son dégré 80 exprimoit cette température. Dans cette supposition 22 dégrés de ce Thermomètre, en fai- Explication de ces contradictions.

soient 28 du *vrai* Thermomètre de M. *de Réaumur*; & c'est la plus grande chaleur que M. *de Réaumur* lui-même ait observée à Paris, pendant le tems qu'il faisoit ces observations, qu'il donnoit annuellement dans les Mémoires de l'Académie. L'observation du *Sénégal* fut faite sur le *vrai* Thermomètre de M. *de Réaumur*, je l'ai rapportée dans la première Partie de cet Ouvrage; ainsi 39 *dégrés* ne font qu'environ 30 *dégrés* ½ du Thermomètre *de Berlin*, ou même 29 ¾, si le Thermomètre *du Sénégal*, quoique fait par M. *de Reaumur*, avoit son *zéro* à *la glace qui fond*, comme cela est possible (446 *g*). Cette chaleur, à la vérité, est encore bien grande; mais il est des circonstances particulières qui peuvent l'avoir produite. Quant à l'observation de *Syrie*, je suis convaincu qu'elle est très-défectueuse. Il est impossible que les hommes vivent dans une température qui excède de plus de 17 dégrés de M. *de Réaumur*, la chaleur ordinaire de leur *sang*. Il étoit si difficile de bien construire ce Thermomètre, qu'on ne doit point être étonné de telles erreurs.

Il ne convient point de conserver deux espèces de Therm.

448 *f*. Le nombre & la nature des expériences qui m'ont fourni les rapports que je viens de donner, entre le *vrai* Thermomètre de M. *de Réaumur*, (celui qu'il a décrit lui-même), & le Thermomètre de *mercure* divisé en 80 parties entre *la glace qui fond* & l'*eau bouillante*, me persuadent que ces rapports peuvent être employés avec confiance, pour réduire en dégrés de l'un de ces Thermomètres, les observations faites sur l'autre. Il sembleroit donc qu'on pourroit employer indif-

féremment ces deux Thermomètres, mais l'expérience nous apprend que, si les principes des instrumens ne sont pas simples, & les procédés faciles, les Ouvriers & les Amateurs mêmes, s'en écartent bien aisément. On voit à quel point le dégré 80 de M. *de Réaumur* a été changé, sans qu'on s'en soit apperçu; on voit même quelle incertitude il y eut dès l'origine dans la fixation de son *zéro*; & l'on peut aisément comprendre, combien d'observations nous sont enlevées par ces changemens; combien même sont devenues trompeuses: en un mot, on voit que nous sommes presqu'à recommencer sur toutes les observations de la *chaleur*.

448 *g*. Il ne faut donc plus changer légèrement dans le Thermomètre, ni les *procédés*, ni les *termes fixes* qui seront une fois consacrés. Et puisqu'on en est encore à convenir généralement d'un *terme fixe supérieur*, je crois qu'on doit s'arrêter à la température de l'*eau qui bout fortement*, en y joignant la condition dont je vais parler. Ni de changer légèrement celui qui sera consacré.

*De l'influence du poids de l'air, sur la chaleur de l'*eau bouillante.

449 *a*. L'*eau qui bout fortement*, n'a un même dégré de chaleur, que lorsqu'elle est également comprimée, ou chargée d'un même poids. C'est ce que prouvent clairement deux expériences connues. *L'eau bouil.* n'a un même dég. de chal. qu'étant chargée d'un même poids.

449 *b*. L'*eau* qui a cessé de *bouillir* dans l'air libre, reprend son *bouillonnement* sous le réci- Exp. dans la *pompe pneumatique*.

pient de la machine du vuide, dès qu'on en pompe l'air; elle *bout* donc par une moindre chaleur, lorsqu'elle est moins chargée. La *marmite de Papin* nous montre d'un autre côté, quelle chaleur l'eau peut acquérir, lorsque ses *bouillonnemens* sont reprimés par quelque obstacle qui résiste fortement.

Dans la *marmite de Papin.*

449 *c* Or l'*eau bouillante*, dans laquelle on plonge les Thermomètres, est chargée du *poids de l'atmosphère*; poids variable suivant les tems & les lieux. Ainsi, pour avoir un *terme fixe* de chaleur sur le Thermomètre, par le moyen de l'*eau bouillante*, il faut nécessairement, ou marquer toujours ce point par la même *hauteur du Baromètre*; ou trouver une équation qui ramène les résultats de toutes les expériences de ce genre à ce qu'ils seroient par une *hauteur* déterminée.

L'eau qui bout dans l'air libre est chargée du poids *variable* de l'Atmosphère.

Il faut une *équation* pour rendre *fixe ce terme.*

449 *d.* *Fahrenheit* découvrit cette influence du *poids de l'air* sur la *chaleur* de l'*eau bouillante* dès l'année 1724 (*a*), & peu de tems après qu'il eut imaginé son Thermomètre. Il dût cette découverte à l'exactitude avec laquelle on peut déterminer ce dégré de chaleur sur les Thermomètres de *mercure*, il étoit trop vague sur les Thermomètres d'*esprit-de-vin* ou d'*air*, pour qu'on pût y demêler les effets des changemens de *poids de l'atmosphère.*

Farenheit découvrit cette *variation* en 1724.

449 *e.* La plus considérable des expériences que j'aie trouvées sur cet objet, a été faite sur le *Canigou*, qui est la plus haute sommité des

Expér. de M. *le Monnier* sur le *Canigou.*

(*a*) Phil. Transf., N°. 385.

Pyrenées (*a*). Le 6e. Octobre 1739, M. *le Monnier* (le Médecin) porta sur cette montagne, un Thermomètre de *mercure*, qui avoit été gradué à *Perpignan*, le Baromètre étant à 28 *p.* 2 *l.* Arrivé au sommet, où le *mercure* s'abbaissa dans le Baromètre à 20 *p.* 2 *l.* $\frac{1}{12}$, M. *le Monnier* plongea son Thermomètre dans l'*eau bouillante*, & il la trouva moins chaude qu'à Perpignan de 15 dégrés de la division de M. *de Lisle*, qui font environ 7 $\frac{4}{5}$ de mon Thermomètre de *mercure* (*b*). — Différence dans la chal. de l'*eau bouil.* sur le *Canigou* & à *Perpignan*.

450 *a.* J'ai fait plusieurs observations du même genre en 1762. Je passai cette année-là par le *Mont-Cenis*, au mois de Mai, allant à *Turin* & à *Gênes*, & j'y repassai à mon retour au mois d'Août suivant. La neige, qui couvroit encore toutes les sommités des Alpes au mois de Mai, m'empêcha d'observer la chaleur de l'*eau bouillante* sur quelques-uns des pics qui dominent cette gorge. Au mois d'Août je ne fus pas plus heureux, le vent & la pluie ne me permirent pas d'aller au-delà du hameau le plus élevé de cette montagne, qu'on nomme *Tovet-dessus*. — Nouvelles expériences.

450 *b.* Dans le voyage de *Genève*, à *Gênes*, — Chal. *de l'eau bouil.* observée à diverses hauteurs sur la route de *Genève à Gênes*.

(*a*) *Mém. de l'Académie des Sciences*, &c. année 1740, *in-12*, page 131.

(*b*) L'intervalle entre la température de la *glace qui fond* & celle de l'*eau bouillante* sur le Thermomètre de M. *de Lisle*, renferme, suivant M. *Martine*, 150 dégrés, & par les expériences de M. *Ducrest*, 154 (432). C'est d'après cette dernière estimation que j'ai dit dans le texte que 15 dégrés de M. *de Lisle* en font 7 $\frac{4}{5}$ de mon Thermomètre de *mercure*.

j'observai la chaleur de l'*eau bouillante* en dix stations différemment élevées, & au retour je fis la même expérience en seize stations, dont dix étoient les mêmes où j'avois observé précédemment. Le Thermomètre que j'employai à ces expériences étoit de *mercure*, il n'avoit que 6 à 7 pouces de long. Je le plongeois nud dans l'*eau bouillante*, & je marquois le point où se fixoit le *mercure*, en y amenant celui de plusieurs fils, placés au haut du tube, qui s'en trouvoit le plus près. Je prenois ensuite, avec un compas, la distance de ce fil au sommet du tube, & je l'exprimois en *parties* d'une certaine *échelle*, avec laquelle j'avois mesuré la distance de ce sommet au point de *la glace qui fond*. Je soustrayois ensuite la distance trouvée depuis le fil de l'*eau bouillante* au sommet, de la distance totale du point de *la glace qui fond* à ce sommet: le reste étoit la distance des points de *la glace qui fond*, & de l'*eau bouillante*. Je ne rapporterai pas le détail de ces expériences; les résultats suffiront pour le but que je me propose.

Thermom. employé à ces expér.

Cha'eur de l'*eau bouil.* & hauteur du Baromètre à *Gênes*.

450 *c*. Le Baromètre étant à Gènes à 28 *p.* 5 *l.*, je mesurai sur le tube de mon Thermomètre l'intervalle compris entre le point de *la glace qui fond*, & celui où le porta l'*eau bouillante*, & je trouvai cet intervalle de 829 *parties* de l'*échelle* dont je viens de parler. A *Tovet-dessus*, le *mercure* descendit à 21 *p.* 11 *l.* $\frac{1}{4}$, & je trouvai sur le même Thermomètre l'intervalle entre le même point de *la glace qui fond*, & celui où le fit monter l'*eau bouillante*, de 773 des mêmes *parties*. La diffé-

A *Tovet-dessus* dans le *Mont-Cénis*.

Différences.

rence des *hauteurs du Baromètre* fut donc de 6 *pouces* 5 *lig.* ¼, & celle de *la chaleur de l'eau bouillante* sur le Thermomètre, de 56 *parties*.

459 *d*. Voulant connoître le rapport de ce résultat tiré de la comparaison des extrêmes, avec ceux des observations intermédiaires, comparées successivement deux à deux, je rangeai séparément celles du mois de Mai, & celles du mois d'Août, dans l'ordre des *hauteurs du Baromètre*. La table qui les renfermoit étoit divisée en quatre colonnes: la première contenoit les *hauteurs du Baromètre*: dans la seconde étoient les *intervalles* trouvés sur le Thermomètre entre la *glace qui fond* & l'*eau bouillante*: je plaçai dans la troisième les *différences* successives des *hauteurs du Baromètre*, & dans la quatrième les *différences* correspondantes des *intervalles* trouvés sur Thermomètre. Table de différens dégrés de chaleur de *l'eau bouil.* à différentes *hauteurs du Baromètre*.

459 *e*. En comparant les *différences* du Baromètre avec celles du Thermomètre, je ne les trouvai pas par-tout dans le même rapport; je crus même remarquer que celles du Thermomètre devenoient plus grandes comparativement aux premières, à mesure que la hauteur absolue du Baromètre diminuoit: c'est-à-dire, que les diminutions de chaleur de l'*eau bouillante* alloient en croissant, comparativement à des abbaissemens du Baromètre égaux entr'eux. J'aurois cherché la loi que suivoient ces accroissemens, s'ils avoient été plus réguliers, mais mon Thermomètre n'avoit pu me fournir des déterminations assez exactes. Je me contentai donc d'employer les extrêmes des deux suites d'observations, & d'en prendre Différences entre les rapports.

le terme moyen, jusqu'à ce que par de nouvelles expériences, faites avec un instrument plus exact, j'eusse pu reconnoître si en effet les *differences* du Thermomètre suivent une autre loi que celles du Baromètre.

Rapports des extrêmes.

450 *f.* Les deux extrêmes de mes observations du mois de Mai furent à *Turin* & à la *Grand-Croix*, sur le *Mont-Cenis.*

Le Barom. étant à *Turin* à 328 *l.* $\frac{1}{4}$, l'*interv.* sur le Thermomètre fut . . .		822
à la *Grand-Croix*	273 $\frac{1}{4}$; . .	782
Différences . . . *lignes*	55 $\frac{1}{2}$; *part.*	40.

Les extrêmes de mes observations du mois d'Août furent à *Gènes* & à *Tovet-dessus.*

Le Barom. étant à *Gènes* à 341 *l.*; l'*interv.* du Thermomètre fut . . .		829
à *Tovet-dessus*	263 $\frac{1}{4}$; . .	773
Différences . . . . *lignes*	77 $\frac{3}{4}$; *part.*	56

Comparaison de ces rapports.

450 *g.* Ces deux résultats donnent sensiblement le même rapport entre les *différences* du Baromètre & celles du Thermomètre; car 55 $\frac{1}{2}$: 40 : : 77 $\frac{3}{4}$: 56 $\frac{4}{111}$. Ce qui pourtant ne détruit pas mon soupçon que les diminutions de chaleur de l'*eau bouillante* vont en croîssant, comparativement à des abbaissemens égaux du Baromètre, parce que dans les observations comparées de *Gènes* & de *Tovet-dessus* sont renfermées les différences de *Gènes* à *Turin*, & de *Tovet-dessus* à la *Grand-Croix*, dont

dont les premières, dans ma ſuppoſition, tendroient à diminuer le rapport entre la diminution de chaleur de l'*eau bouillante* & l'abbaiſſement du Baromètre, & les ſecondes tendroient à l'augmenter. Il y auroit donc compenſation; & en effet elle ſe trouve dans les obſervations mêmes. Mais, je le répète, je n'ai pas eu aſſez de confiance dans l'exactitude des déterminations de la chaleur de l'*eau bouillante* par mon Thermomètre à chaque obſervation, pour en conclurre encore la loi que ſuivent les différences de cette chaleur, comparativement à celles du Baromètre.

450 *h.* Dans ce qui me reſte à dire ſur ce ſujet, je me contenterai donc de joindre les deux réſultats ci-deſſus, ce qui donnera le rapport de 133 $\frac{1}{4}$ à 96, entre la *différence* de *hauteur du Baromètre* exprimée en *lignes*, & la *différence* correſpondante des *intervalles* des deux *points* du Thermomètre exprimée en *parties* de mon *échelle* (55 $\frac{1}{2}$ + 77 $\frac{3}{4}$ = 133 $\frac{1}{4}$, 40 + 56 = 96).

Rapport entre les différ. de *hauteur du Bar.* & celles de la *chaleur de l'eau bouil.*

450 *i.* Pour comparer mes expériences avec celle de M. *le Monnier*, il faut reduire en *dégrés*, ces 96 *parties*, & pour cet effet, il faut ſe rappeller que les 829 *parties* trouvées à *Gènes*, entre le point de la *glace qui fond* & celui de l'*eau bouillante* (le Baromètre étant à 28 p. 5 lig.), repréſentent les 80 dégrés d'un Thermomètre de *mercure* fair à Gènes. Ainſi 96 *parties* font 9 dégrés $\frac{1}{4}$ (829 : 80 : : 96 : 9 $\frac{1}{4}$), & cette différence ſur le Thermomètre, correſpond, comme je l'ai dit, à 133 $\frac{1}{4}$ lig. d'abbaiſſement du mercure dans le Baromètre.

Comparaiſon de ce rapport avec celui que trouva M. *le Monnier* ſur le *Canigou.*

Différence qui se trouve entr'eux.

450 *k.* L'abbaissement du mercure dans l'observation de M. *le Monnier* n'ayant été que de 8 pouces ou 96 lignes, pour qu'elle fût d'accord avec la mienne, il faudroit que la différence de la chaleur de l'*eau bouillante* n'eût été que de 6 dégrés $\frac{2}{5}$ (133 $\frac{1}{4}$: 9 $\frac{1}{4}$ :: 96 : 6 $\frac{2}{5}$ ou environ), & l'on a vu ci-devant qu'elle fut de 7 dégrés $\frac{4}{5}$.

Raison probable de cette différence.

Cette différence paroit être une nouvelle preuve de ce que j'ai dit-dessus, que les diminutions de chaleur de l'*eau bouillante* pourroient bien aller en croîssant, comparativement à des abbaissemens toujours égaux du Baromètre.

Détermination de la *hauteur du Baromètre*, à laquelle on ramenera la *chaleur observée de l'eau bouillante*.

451 *a.* Pour trouver par le résultat moyen de mes observations, l'équation qui doit servir à corriger sur le Thermomètre l'effet des *différences* du *poids de l'air* sur la *chaleur* de *l'eau bouillante*, il faut d'abord choisir une *hauteur du Baromètre* à laquelle on doive ramener toutes les observations. Je crois que la *hauteur* de 27 *pouces* est la plus convenable, parce qu'il est peu de Villes où l'on ne l'observe quelquefois, ce qui diminuera par conséquent le nombre des cas où cette correction sera nécessaire. J'ajouterai pour raison de mon choix, que toutes les observations que j'ai faites du Thermomètre, tant pour lui-même qu'à l'occasion de celles du Baromètre, & conséquemment toutes les formules qui en découlent, sont relatives à cette fixation.

Intervalle des deux *points fixes* du Ther. à cette

451 *b.* Dans l'observation que je fis à *Gènes*, le Baromètre étant à 28 *p.* 5 *l.* ou 341 *lignes*, l'*intervalle* du point de l'*eau bouillante* à celui

de la *glace qui fond*, fut, comme je l'ai dit, de 829 *parties*. En suivant le rapport de 133 ¼ (*lig.*), à 96 (*part.*), entre l'*abbaissement* du mercure dans le Baromètre & la *diminution* de l'*intervalle* du Thermomètre, on trouvera qu'à la hauteur de 27 p. ou 324 lignes, cet *intervalle* doit être de 816, 8 des mêmes *parties*

hauteur déterminée du Barometre.

$$\left(829 - \frac{96 \times \overline{341 - 324}}{133\frac{1}{4}} = 816,\ 8\right)$$

451 *c*. Je pense que pour l'objet particulier de la correction du Thermomètre, on ne peut se tromper essentiellement, en supposant que les *différences* de *chaleur de l'eau bouillante* sont proportionnelles aux *différences* de *hauteur du Baromètre*. Car lors même qu'elles ne le seroient pas, ces dernières *différences* ne seront que bien rarement assez grandes pour *exiger plus d'exactitude*. Je supposerai donc que ces *différences* sont proportionnelles, c'est-à-dire que, quand les abbaissemens du mercure dans le Baromètre sont égaux entr'eux, les diminutions correspondantes de hauteur du Thermomètre dans l'*eau bouillante*, sont aussi égales entr'elles, quelles que soient les hauteurs absolues du Baromètre, & par conséquent quels que soient les intervalles observés entre les deux *points* du Thermomètre.

Les différ. de chal de l'eau bouil. supposées proport. aux *différ. de hauteur du Baromètre.*

451 *d*. La hauteur de 27 pouces dans le Baromètre, étant celle que je propose pour y ramener la fixation du *terme* de l'*eau bouillante* sur le Thermomètre, j'appellerai *fondamental*, l'*intervalle* des deux *termes fixes* du Thermomètre à cette hauteur du Baromètre. J'ai dit

Rapport de la variation d'une *ligne* dans le Bar. avec l'*interv. fondamental* du Therm.

que cet *intervalle* étoit de 816, 8 *parties* d'une certaine *échelle*, sur le Thermomètre que j'ai employé à ces expériences. J'ai dit aussi que 133 ¼ *lig.* de différence dans le Baromètre, ont produit dans l'intervalle des deux *points* du Thermomètre une différence de 96 des mêmes *parties*. Ainsi 133 ¼ *lig.* de différence dans le Baromètre, correspondent à $\frac{96}{816,\ 8}$ ou un peu moins de $\frac{133,\ 25}{1134}$ de l'*intervalle fondamental*, & par conséquent 1 *lig.* de différence dans le Baromètre, correspond à $\frac{1}{1134}$ de l'*intervalle fondamental* du Thermomètre.

Division de l'*interv. fondamental* d'après ce *rapport*.

451 *e*. Nous pouvons donc considérer cet *intervalle fondamental*, comme divisé en 1134 parties, & poser pour base de l'équation cherchée, que l'*intervalle observé* des deux *points* du Thermomètre, différe de l'*intervalle fondamental*, d'autant de 1134mes. de celui-ci, qu'il y a de *lignes* de différence entre la *hauteur observée* du Baromètre, & la *hauteur fixe*, qui sera 324 lignes ou 27 pouces.

Formules pour corriger la *chal. observée* de l'*eau bouillante*.

451 *f*. D'après cette détermination, les corrections à faire aux *intervalles observés* sur le Thermomètre, pour avoir l'*intervalle fondamental*, sont exprimées par les formules suivantes.

Nommant *a* le nombre de *lignes* dont la hauteur du Baromètre différe de 324 lignes, au moment où l'on met le Thermomètre à l'*eau bouillante*, si la différence est en *plus*, il faudra

rabbaisser le *point* observé de l'*eau bouillante* de la partie $\frac{a}{1134 + a}$ de l'*intervalle* qu'on aura *observé* entre ce point & celui de la *glace qui fond*. Et si la différence du Baromètre est en *moins*, il faudra élever le *point* observé de l'*eau bouillante*, de la partie $\frac{a}{1134 - a}$ de *l'intervalle observé*.

451 *g*. Ces formules découlent de ce que j'ai supposé d'entrée, que les corrections à faire sur le Thermomètre doivent être uniquement proportionnelles à la différence de hauteur du Baromètre, sans égard à sa *hauteur absolue*, & je le repéte, je crois qu'à ne considérer que le Thermomètre, une plus grande exactitude seroit superflue; & c'est du Thermomètre qu'il s'agit ici. Mais il est d'autres faces sous lesquelles on peut envisager le même phénomène, qui demandent des déterminations plus exactes. J'ai des vues à ce sujet, pour lesquelles j'attends des occasions, ou du loisir (*a*).

Remarques sur ces *formules*.

(*a*) J'ai espéré, pendant quelque tems, que les observations relatives à cet objet seroient faites avant l'impression de cet Ouvrage qui a été fort retardée. J'avois construit, avec beaucoup de soin & de travail, un Thermomètre dont je pouvois attendre la plus grande exactitude; & au mois d'Août de l'année 1765, je partis avec mon frère, pour aller observer la chaleur de l'*eau bouillante* sur une montagne qui domine l'Abbaye de *S.-Sixt* en *Faussigny*. On voit, de Genève, cette montagne, qui en est distante de 11 lieues; la glace qui couvre

Manière de les employer à la correction du *point* de *l'eau bouil.* sur le Ther.

451 *h.* Les corrections qu'exigent les formules que je viens d'indiquer, s'exécuteront fort aisément par le moyen d'une *échelle de mille parties.* On mesurera l'*intervalle observé* en parties de cette *échelle*, & en y appliquant ces formules, on aura, en mêmes *parties*, la quantité dont on devra élever ou abbaisser le *point observé* de l'*eau bouillante.*

Importance de cette *correction.*

451 *i.* Quoique cette correction du Thermomètre soit principalement nécessaire pour

---

son sommet durant toute l'année, indiquant sa grande hauteur, nous l'avoit fait choisir pour nos expériences. Nous montâmes depuis l'*Abbaye*, pendant six heures, & en grande partie par des chemins si roides, qu'ils ne sont fréquentés que par les chamois. Mais, avant d'atteindre la plus haute sommité, qui surpasse le *Canigou*, où M. *le Monnier* a fait la même expérience, le Thermomètre se rompit. Il ne falloit pas moins que la magnificence du spectacle & la pureté de l'air, pour nous faire supporter patiemment une telle catastrophe. Je n'entreprendrai point de peindre l'aspect des montagnes & des vallées qui nous environnoient; je n'en donnerois qu'une foible idée. Comment exprimerois-je sur-tout l'effet que produit dans cette étonnante variété d'objets, le *Mont-Blanc*, cette masse énorme, hérissée de glaces éternelles, depuis son sommet, qui paroissoit atteindre les dernières régions de l'Atmosphère, jusqu'à son vaste pied, qui étoit à 800 toises au-dessous de nous! L'observation du Baromètre nous apprit que nous étions élevés de 1133 toises au-dessus du Lac de Genève; & transportant, avec un niveau, cette hauteur sur le *Mont-Blanc*, dont nous étions éloignés d'environ 4 lieues, il nous parut qu'elle n'en faisoit pas plus de la moitié. Le spectacle de cette montagne est sans comparaison plus beau à cette distance, qu'il ne l'est de son pied, dans la vallée de *Chamouni*, où les curieux vont d'ordinaire pour la voir.

les obſervations de chaleur qui approchent ou ſurpaſſent celle de l'*eau bouillante*, & pour les Thermomètres conſtruits en des lieux fort élevés, elle n'eſt cependant pas inutile dans les cas ordinaires. Le Baromètre eſt ſouvent à 28 *p. 5 l.* au bord de la mer, & à *26 p. 6 l.* dans l'intérieur des terres, ſans parler des montagnes, & dès nos climats, en tirant au Nord, on peut voir la même différence de hauteur du mercure dans un même lieu. Or cette *différence* dans le *poids de l'air*, produit plus d'$\frac{1}{50}$ de *différence* dans l'*intervalle* de nos *termes fixes*, ou 2 dégrés du Thermomètre de M. *de Réaumur*. Ainſi deux Thermomètres, bien conſtruits d'ailleurs, faits à cette différence de hauteurs du Baromètre, différeroient de $\frac{1}{2}$ dégré, au 25me. de ceux de M. *de Réaumur*, chaleur fort ordinaire dans nos climats, en été : or, cette différence mérite d'être conſidérée, lorſqu'il s'agit d'obſervation délicates.



AVERTISSEMENT.

Au moment où cette feuille va sous presse, le Thermomètre dont j'ai parlé dans la note du §. *451 g, est réparé; & j'ai commencé de nouvelles observations, qui me paroissent intéressantes. Mais il me manque du loisir pour les achever, & je ne puis plus arrêter l'impression de mon ouvrage, comme je l'ai fait tant de fois en pareil cas. Je laisse donc subsister cet article tel qu'il est. Je continuerai cependant mes expériences autant qu'il me sera possible, & si je les ai finies à tems, on en trouvera les résultats à la fin de cet ouvrage; sinon, elles pourront faire l'objet d'un Mémoire particulier, qu'en ce cas, je prendrois la liberté d'envoyer à l'Académie Royale des Sciences de Paris.*

Fixité des termes de la glace qui fond & de l'eau bouillante.

452 *a.* Les diverses expériences que j'ai rapportées, tant sur l'*ébullition de l'eau*, que sur la *fonte de la glace*, contribueront à augmenter la confiance qu'on avoit déja dans la fixité des températures de l'eau réduite à ces deux états. J'ajouterai encore une réflexion qui concourra au même but.

Elle est l'effet de l'homogénéité de l'eau.

452 *b.* L'*eau pure* est une matière homogêne & semblable en tout lieu. Il est donc naturel que dans les mêmes températures, elle produise les mêmes phénomènes. C'est à cette qualité de l'*eau* que nous devons l'avantage de pouvoir comparer les observations de la chaleur, & c'est elle aussi qui doit nous donner de la confiance.

452 *c.* Il eſt vrai que l'*eau* qui coule, ou qui ſéjourne à la ſurface de la terre, n'eſt pas également *pure*, mais les mélanges qui peuvent altérer eſſentiellement ſon homogènéité ſont aiſément apperçus. Toute *eau* qui ne les manifeſtera pas au goût, ſera propre à déterminer les points fixes du Thermomètre. Et s'il reſte le moindre doute à cet égard, nous pouvons prendre l'*eau* dans une ſource pure & commune, en employant à cet uſage celle que la pluie & la neige fourniſſent par-tout. Si l'on craint l'effet de la différen. des eaux, il faut employer *l'eau de pluie.*

452 *d.* Nous voilà donc aſſurés d'avoir deux *termes* très-*fixes* dans le Thermomètre. Il ne s'agit plus que de conſidérer, quelle doit être la diviſion de l'intervalle compris entre ces deux *termes.* On a donc deux *termes* très-*fixes* dans le Ther.

*De l'*échelle *du Thermomètre.*

453 *a.* Un objet dont on s'eſt fort occupé, & qui me paroît aujourd'hui de bien petite importance, c'eſt la *diviſion* de l'*échelle* du Thermomètre, ou la grandeur abſolue de ſes dégrés. De la grandeur abſolue des dégrés du Therm.

453 *b.* Il eſt abſolument néceſſaire que tous ceux qui veulent retirer quelque utilité de cet inſtrument, s'accordent à n'y employer jamais qu'un même liquide, & à déterminer toujours de la même manière les deux termes fondamentaux. Mais pourvu qu'on ſoit d'accord ſur ces points, il importe peu, que l'intervalle des deux *termes fixes* ſoit diviſé en un nombre plus ou moins grand de parties égales. Ce ſont les différences phyſiques qu'il faut éviter ſoigneuſement, mais il n'y a rien à craindre des diffé- Elle eſt indifférente en elle-même.

rences numériques. Tout eſt déterminé dans celles-ci, dès qu'elles ſont connues, preſque tout eſt vague ou difficile, lorſqu'il s'agit d'évaluer les effets des autres.

Il convient de conſerver celle à laquelle le Public eſt habitué.

453. *c.* Je ne propoſerai donc point d'avoir une *échelle* fixe pour le Thermomètre. Je dirai ſeulement que, les *échelles* de *Fahrenheit* & de M. *de Reaumur* étant admiſes aujourd'hui pour les obſervations ordinaires, je crois qu'il convient de les conſerver. Le Public demeure trop de tems à comprendre le langage des Phyſiciens, & à s'y conformer, pour entreprendre de changer ſon habitude.

Les dégrés de Fahrenheit peuvent être conſervés pour les pays du Nord.

453 *d.* On peut donc diviſer en 180, ou en 80 parties, l'*intervalle fondamental* du Thermomètre. Par la prémière de ces diviſions, on aura le *Thermomètre de Fahrenheit*, en marquant 212 au point de l'*eau bouillante*, & 32 à celui de *la glace qui fond*, & en plaçant le *zéro* à 32 de ces dégrés au-deſſous de ce dernier point. Ce Thermomètre eſt aſſez généralement adopté dans les Pays du Nord: mais comme je l'ai dit ci-devant (437 *b.*) on a abandonné les principes de ſon auteur, & il eſt encore beſoin que l'on convienne d'une manière de le conſtruire.

Le Ther. de mercure diviſé en 80 parties ſervira dans les Pays où celui de M. de Réaumur eſt adopté.

453 *e.* Le Thermomètre dont on diviſera l'*intervalle fondamental* en 80 parties, ſervira pour les Pays où celui de M. *de Réaumur* eſt adopté. Il différera ſans doute beaucoup du premier Thermomètre de ce nom. Mais cette différence & bien d'autres, ſont déja introduites: & tandis qu'elles trompent aujourd'hui, parce qu'on les ingnore, elles ceſſeront de nuire, dès que les Phyſiciens ceſſeront de com-

parer les obſervations faites ſur de nouveaux Thermomètres bien connus, avec celles où les précédens ont été employés.

453 *f.* Je ferai remarquer encore (& on peut le voir par la table que j'ai donnée ci-devant) que le Thermomètre de *mercure*, dont le dégré 80 eſt à la température de l'*eau bouillante*, s'accorde bien mieux avec le vrai Thermomètre de M. *de Réaumur*, dans les obſervations ordinaires, que le Thermomètre d'*eſprit-de-vin*, dont le 80me. dégré eſt auſſi la température de l'*eau bouillante*. Et ſi l'on conſidère même, l'effet qu'a produit ſur le Thermomètre de M. *de Réaumur*, le changement qu'on y a introduit preſque dès ſon origine, en plaçant ſon *zéro* à la température de *la glace qui fond*, on verra que la différence de ce Thermomètre, avec celui de *mercure* dont je parle, ne ſera d'aucune importance pour le Public, qui ne s'occupe que des variations de température de l'air, & à qui les différentes expoſitions du Thermomètre, font de bien plus grandes illuſions, que la différence réelle de ces deux inſtrumens.

Les dégrés du premier diffèrent très-peu de ceux du dernier, dans les obſervations ordinaires.

453 *g.* Mais ſi l'habitude déja formée pour les diviſions de *de Réaumur* & de *Fahrenheit*, exige qu'on les conſerve dans les obſervations ordinaires; il n'en eſt pas de même pour les expériences où ces diviſions deviennent incommodes. Il me paroît qu'alors on peut utilement changer la diviſion, & même le *zéro* de l'*échelle*, ſuivant que le cas particulier l'exige.

Mais on ne doit point ſe gêner à conſerver ces *dégrés* dans les expér. particulières.

453 *h.* C'eſt ainſi que je me ſuis déterminé à employer une nouvelle *échelle* pour le Thermomètre qui doit accompagner le Baromètre

Exemple de l'utilité qu'il peut y avoir à changer, &

les dégrés, & meme la position de l'échelle.

(365). Il étoit bien plus simple & plus sûr, de diviser l'*intervalle fondamental* en parties correspondantes à l'*échelle* du Baromètre, & de placer le *zéro* à la chaleur moyenne, que de se soumettre à la nécessité de faire un calcul à chaque observation.

Autre exemple.

453 *i*. J'ai changé encore l'*échelle* du Thermètre pour la seconde fonction qu'il remplit dans les observations du Baromètre, relatives à la connoissance de la densité de l'air. On verra mieux encore par cet exemple, combien il est commode de ne pas s'asservir à une certaine échelle (610).

Remarque générale à ce sujet.

453 *k*. En général, quand on emploiera le Thermomètre à des observations particulières & assez fréquentes pour qu'on gagne beaucoup de tems & de facilité en changeant son *échelle*, je crois qu'il faut la changer. On ne doit craindre aucune erreur, pourvu qu'on ait soin d'indiquer, en quel nombre de parties on divise l'*intervalle fondamental*, & le point où l'on place le *zéro*. Par ces indications seules, ceux qui voudront répéter ou continuer les mêmes observations, pourront aisément, ou construire de semblables Thermomètres, ou placer l'*échelle* particulière qui leur convient, à l'un des côtés d'un Thermomètre ordinaire; ou même encore, suppléer par le calcul à la différence des *échelles*.

Il convient que l'*échelle* soit divisée en *parties égales*.

453 *l*. Je n'ai parlé jusqu'ici que de *divisions en parties égales*, parce que c'est ainsi qu'il conviendra presque toujours de diviser l'*échelle* du Thermomètre. La condition la plus généralement essentielle, est qu'on puisse tou-

jours, & à coup sûr, construire des Thermomètres semblables à ceux qui auront servi dans certaines expériences : & la *division en parties égales* étant la plus aisée, sera aussi la mieux imitée. Que si, dans quelques expériences, les changemens correspondans à ces dégrés égaux, ne leur étoient pas proportionnels, on exprimeroit plus aisément & plus sûrement leurs rapports, par des suites de nombres, ou par des *Tables*, que par des divisions actuelles.

453 *m.* C'est par cette raison que je ne propose point de diviser le Thermomètre en *dégrés* tels, qu'ils expriment des *différences de chaleur* égales entr'elles, quoique cela fût possible d'après mes expériences. Il suffit que l'on connoisse les rapports de ses *dégrés égaux*, avec les variations *réelles* de la chaleur. C'est à quoi est destinée la *Table* que j'ai donnée ci-devant (422 *lll.*). Cependant si le Thermomètre devoit être employé à des expériences fréquentes, où la connoissance des variations *réelles* de la chaleur fût nécessaire, on pourroit alors l'accompagner d'une *échelle* qui les exprimeroit immédiatement. J'ai décrit ci-devant la manière de la construire (422 *hhh* & *s.*)

Remarque sur le rapport des *dégrés* de l'*échelle* avec les *variations réelles* de la *chaleur.*

De la construction du Thermomètre.

454 *a.* Si mes recherches sur le Thermomètre s'étoient bornées à sa fabrication, je n'aurois peut-être parlé de cet instrument, que pour indiquer les usages auxquels je l'ai employé dans mes expériences. Mais j'ai vu les erreurs qu'on faites depuis longtems dans la

De la construction du Therm. de mercure.

comparaison des dégrés de chaleur, & j'ai cru nécessaire de les montrer, en indiquant les moyens de les prévenir dans la suite. L'usage général du Thermomètre à *mercure*, est un de ces moyens: ce qui m'oblige à quelques détails sur la manière de le bien construire.

Du choix des Tubes pour le Thermomètre.

Il faut employer des tubes dont le diamètre soit égal dans toute leur longueur. Moyen de les *calibrer*.

455 *a*. Quoiqu'il soit possible de connoître les inégalités de diamètre d'un *tube*, & d'y avoir égard dans la division de son *échelle*, il convient mieux d'employer des *tubes* exactement cylindriques. Pour *calibrer* ces *tubes*, on y introduit un peu de *mercure*, qu'on fait couler successivement d'un bout à l'autre, en mesurant avec un compas l'espace qu'il occupe. Quand un *tube* est bien *cylindrique*, la petite colonne de *mercure* conserve toujours la même longueur. C'est un procédé sûr & facile, indiqué par M. l'*Abbé Nollet* (*a*).

Il convient d'employer des tubes *capillaires*.

455 *b*. Les *tubes capillaires* sont préférables aux autres, parce qu'ils exigent de moins grosses boules. Par-là les Thermomètres sont moins fragiles, & plus *sensibles*. La grosseur du *tube* la plus convenable pour les expériences ordinaires, est d'environ un quart de ligne e diamètre intérieur.

Objection.

455 *c*. On a dit que l'effet des tuyaux capillaires sur la hauteur des fluides qu'ils contiennent, peut nuire à la régularité des Thermo-

---

(*a*) *Leçons de Physique Expérimentale*, Tome IV, page 376.

mètres. Mais cet effet n'a lieu que lorſque ces tuyaux communiquent avec un réſervoir, où le fluide eſt en liberté ; & il ne l'eſt pas dans la boule du Thermomètre. Réponſe.

455 *d.* Quand on a beſoin d'une grande préciſion, il faut préférer les *tubes* minces à ceux dont le verre eſt épais : la colonne de *mercure* ſe trouvant plus près de l'*échelle* dans les *tubes* minces, l'œil détermine plus sûrement le point où elle y correſpond. Les tubes dont le verre eſt mince ſont préférables.

455 *e.* La longueur des *tubes* eſt aſſez arbitraire, pourvu que la boule lui ſoit proportionnée : cependant il y a quelques limites dans la pratique. Un *tube* trop court, produit des dégrés trop petits. Un *tube* trop long eſt inutile & embarraſſant, ſi l'*échelle* ne l'occupe pas en entier ; & ſi elle l'occupe, il exige une trop groſſe boule. Une longueur de 9 pouces eſt plus que ſuffiſante dans la plupart des cas : elle contiendra les 80 dégrés de l'*intervalle fondamental*, 20 dégrés au-deſſous, & 4 à 5 au-deſſus, & ces dégrés ſeront d'environ une *ligne* : ce qui ſuffit pour obſerver avec toute l'exactitude & la commodité néceſſaire. Quant aux Thermomètres qu'on deſtinera à des expériences particulières, on proportionnera la grandeur de leurs dégrés, ou celle de leurs *tubes*, à l'uſage auquel ils ſeront deſtinés. De la longueur des tubes.

De la Boule du Thermomètre.

456 *a.* Les dimenſions que doit avoir un Thermomètre, ſont ſouvent déterminées par l'uſage qu'on veut en faire, & quand on a Avantage d'un moyen de déterminer la groſ-

seur de la *boule* pour un *tube* donné.

trouvé un *tube* tel qu'il le faut, on n'est pas toujours certain de pouvoir le remplacer si l'on vient à le perdre. Ceux qui ont éprouvé cette difficulté, connoîtront l'avantage d'une méthode assurée de déterminer le diamètre de la *boule;* ils sçavent qu'à force de vuider & de remplir un Thermomètre, lorsqu'on est obligé d'y souffler de nouvelles *boules*, le *tube* se salit au point d'être hors d'usage, & qu'il peut devenir trop court.

Méthode particulière.

456 *b*. Je n'ai eu jusqu'à présent d'autre méthode pour proportionner les *boules* aux *tubes*, que de comparer les nouveaux tubes, à des Thermomètres bien proportionnés. La pratique me rendoit cette méthode assez sûre. mais tous les amateurs ne peuvent l'acquérir.

Méthode générale de M. *Durand*.

456 *c*. On sera donc bien aise de connoître une formule qu'employoit M. *Durand*, pour trouver le rapport que les *boules* devoient avoir avec leurs tubes. Voici la route qu'il avoit suivie pour y parvenir.

PROBLÊME.

Trouver le diamètre d'une boule de Thermomètre, pour un tube d'une grandeur & d'un diamètre donné, & pour tel nombre de dégrés qu'on voudra dans l'étendue de son échelle.

On suppose qu'on laisse un pouce & demi, ou deux pouces, sur la longueur du tube, tant pour souffler la *boule*, que pour *tirer en pointe* l'autre extrêmité du tube, & pour ce qu'il

qu'il faut laisser d'espace au dessus de l'*eau bouillante* dans les Thermomètres ordinaires.

Soit la *longueur du tube* (non compris cet excédent, qui peut varier), mesurée en diamètres du tube . . . . = a

Soit la *capacité totale de la boule & du tube*, exprimée par tel nombre que l'on voudra . . . . = e

Soit la *partie* de cette *capacité* comprise entre les deux points de la *glace qui fond* & de l'*eau bouillante* (ou la *capacité* de l'*intervalle fondamental*), exprimée en mêmes parties que la capacité totale . . . . . . = d

Soit le *nombre des dégrés* de *l'intervalle fondamental* . . . . = m

Soit le *nombre des dégrés* qu'on veut dans l'*échelle*, outre ceux de l'*intervalle fondamental*, tant au-dessus qu'au-dessous de cet *intervalle* . . . . = n

Soit enfin le *diamètre de la boule*, mesuré en diamètres du

tube . . . . $= b$

C'est ce *diamètre* qu'il faut trouver.

SOLUTION.

La capacité totale du tube, sans y comprendre celle de la *boule*, sera . . . . $\frac{dn + dm}{m}$

Demonst. La capacité d de l'*intervalle fondamental* est à la capacité du reste du tube, comme m est à n; parce que ce sont deux cylindres qui ont des bâses égales, & qui par conséquent sont entr'eux comme leurs hauteurs. On a donc $m : n :: d : \frac{dn}{m}$. Donc $\frac{dn}{m}$ est la capacité de la partie du tube qui excédera l'*intervalle fondamental*, à laquelle ajoutant la capacité d de cet *intervalle*, on a $\frac{dn}{m} + d$, ou $\frac{dn + dm}{m}$

Si l'on soustrait cette

capacité du tube, de la capacité totale *c* de la boule & du tube, reſtera la capacité de la boule $c - \frac{dn + dm}{m}$, ou. . . . . $\frac{cm - dm - dn}{m}$

Si l'on diviſe cette capacité de la boule, par la capacité du tube, le quotient exprimera combien de fois la première capacité contient la dernière. Ce quotient eſt . . . . . $\frac{cm - dm - dn}{dm + dn}$

Par conſéquent la boule eſt égale à $\frac{cm - dm - dn}{dm + dn}$ cylindres, de *a* diamètres du tube de hauteur, ſur 1 diamètre de bâſe. Donc ſa ſolidité cylindrique, exprimée en ſolidités cylindriques du tube, ſera . . . . $a \times \frac{cm - dm - dn}{dm + dn}$

Mais le diamètre de cette boule eſt égal à celui de la bâſe du cylindre dans lequel elle ſeroit inſcrite, & la ſolidité de ce cylindre eſt

égale à $\frac{1}{2}$ solidité de la sphère.

Donc la solidité de ce cylindre seroit . . $\frac{2}{3} a X \frac{cm - dm - dn}{dm + dn}$

Formule pour trouver la grosseur de la boule.

Donc le diamètre de sa bâse, égal au diamètre de la boule, sera .

$\sqrt[3]{\frac{1}{2} a X \frac{cm - dm - dn}{dm + dn}}$ ou.. $\sqrt[3]{\frac{1}{2} a X \left(\frac{cm}{d(m+n)} - 1\right)}$

C'est cette dernière formule qui fournit la solution du probleme dans tous les cas.

APPLICATION.

Application.

On suppose que le volume du mercure dans l'*eau bouillante*, est à son volume dans la *glace qui fond*, comme . . . . 65 à 64

Que la capacité totale de la boule & du tube, renferme le mercure dilaté par l'*eau bouillante*; donc . . . . $c = 65$

L'*intervalle fondamental* exprime la diminution du volume du mercure dans la glace qui fond; donc . . . . . . $d = 1$

Que dans le Thermomètre ordinaire,

l'*intervalle fondamental* soit divisé en 80 dégrés, & qu'on ajoûte 20 dégrés, soit au-dessous, soit partie au-dessous, & partie au-dessus, ces portions du tube seront entr'elles comme 80 à 20, ou comme 4 à 1; donc. . . . . $\left\{\begin{array}{l} m = 4 \\ n = 1 \end{array}\right.$

(Ces nombres seront donc toujours substitués dans la formule, lorsqu'il s'agira d'un Thermomètre ordinaire. Et lorsque le rapport de l'*intervalle fondamental* à l'excédent que devra avoir l'*échelle*, sera différent, on substituera à 4 & 1, pour la valeur de m & n, les nombres qui exprimeront ce rapport.)

Supposé que le tube donné ait $428\frac{1}{3}$ de ses diamètres en longueur, on fera . . . . $a = 428\frac{1}{3}$

Et substituant tous ces nombres dans la formule, on aura . . . .

$$b = \sqrt[3]{\tfrac{1}{2} \times 428\tfrac{1}{3} \times \frac{65 \times 4}{1(4+1)}} - 1 = \sqrt[3]{32767\tfrac{1}{2}} = 32$$

Donc, dans le cas donné le diamètre de la *boule* doit être de 32 diamètres du tube.

Il faut pour cela mesurer exactement le diamètre du tube.

456 *d*. Il ne s'agit plus pour la pratique, que de mesurer exactement le diamètre des tubes, & de souffler une *boule* d'une grosseur donnée. Voici les moyens que j'emploie.

Manière de le mesurer.

456 *e*. Pour mesurer le diamètre du tube, je présente à son ouverture, sur l'un des bouts coupé bien net, une *échelle* tracée au bord d'une pièce de métal fort mince, & dont les parties sont des quarts de ligne. Un œil exercé estime fort bien $\frac{1}{12}$. de ligne, & cela suffit (*a*).

Calibres pour souffler les *boules* de juste grosseur.

456 *f*. Je fais ensuite sur le bord d'une carte à jouer plusieurs *entailles* à angles droits, dont la largeur est égale au diamètre que doit avoir la *boule*, & les habiles ouvriers s'y conforment aisément. Il faut plusieurs *entailles*, parce que la *boule* est rarement de juste grosseur du premier coup, & que la carte se brûle, lorsqu'on y présente une *boule* trop grosse.

Il faut faire les *boules* un peu plus grandes que la formule ne l'indique.

456 *g*. Il faut toujours faire le diamètre des *boules* un peu plus grand que le calcul ne l'indique, tant à cause de l'épaisseur du verre, qui fait environ $\frac{1}{4}$ de ligne, que parce que la *boule* diminue un peu en se refroidissant, & encore, parce que les *boules* sont le plus souvent des sphéroïdes applatis par leurs *poles*, & qu'on ne peut guères les mesurer que par leur *équateur*,

(*a*) Ceux qui pourroient se procurer une *échelle* d'une *ligne*, divisée en 20 parties par l'excellente machine de Monsieur le Duc *de Chaulnes*, pourroient, à l'aide d'une loupe, prendre avec une très-grande facilité & beaucoup de justesse des 40mes. de *ligne*.

à cauſe du tube. Cette différence entre les diamètres de la boule, vient de ce qu'en fondant le verre pour la ſouffler, les parties qui doivent former ſon *équateur*, ſe préſentent plus naturellement à la flamme du chalumeau, & comme elles ſont ainſi plus échauffées, & par conſequent plus ramollies, elles s'étendent plus aiſément.

De la manière de remplir le Thermomètre.

457 *a*. Une des attentions qu'on doit avoir dans la fabrication des Thermomètres, c'eſt d'y employer, autant qu'il eſt poſſible, des tubes bien nets & bien ſecs: autrement le mercure dans ſes mouvemens abandonne çà & là de petites bulles, ce qui diminue la longueur de ſa colonne. J'indiquerai cependant un moyen d'y remédier, lorſqu'on n'aura pas l'avantage du choix. Il faut que les *tubes* ſoient très-nets & très-ſecs.

457 *b*. La même raiſon qui exige des tubes bien nets, oblige plus néceſſairement encore à employer du mercure bien pur. La Chymie fournit pour cela des moyens aſſurés, on peut le revivifier du cinabre, ou même le diſtiller ſimplement. Mais ces moyens ne ſont pas à la portée de tout le monde, & d'ailleurs on trouve aiſément du mercure aſſez pur chez les Droguiſtes. Il ſuffit donc de pouvoir le diſtinguer, & en voici un moyen facile. Et le *mercure* très-pur.

457 *c*. Il faut prendre un vâſe de porcelaine ou de fayence, y verſer environ demi-once du mercure qu'on veut connoître, & le faire cir- Moyen de le connoître.

culer dans le vâſe avec divers dégrés de viteſſe. Si le mercure ne ſalit point le vâſe, & qu'il ſe meuve avec vivacité, il eſt certainement pur. Mais s'il eſt pareſſeux à ſe prêter aux mouvemens qu'on lui imprime, & qu'il laiſſe après lui des traînées, ou des traces noirâtres, c'eſt une preuve qu'il eſt altéré, & qu'il produiroit dans les tubes le même effet qu'on lui voit produire dans le vâſe.

Et de le conſerver net.

457 *d*. Quand on a du mercure qui peut ſoutenir l'épreuve dont je viens de parler, il ſuffit pour l'employer, de nettoyer ſa ſurface des ſaletés, ou de la pellicule qu'elle contracte à l'air. Le moyen le plus ſimple, & en même tems le meilleur, eſt de le paſſer dans un *cornet* de papier fin & net, au fond duquel on laiſſe un trou auſſi petit qu'il peut l'être ſans arrêter le mercure. Ce trou ſe forme mieux, lorſqu'on coupe avec des ciſeaux le bord du papier.

Manière de remplir le Ther. de mercure.

457 *e*. Il n'eſt pas auſſi aiſé de bien remplir un Thermomètre de *mercure*, qu'un Thermomètre d'*eſprit-de-vin*. Mais auſſi, c'eſt peu d'avoir rempli celui-ci; il s'agit enſuite de le règler: & c'eſt-là que les difficultés ſe préſentent; au-lieu que, pour le Thermomètre de mercure, il n'y a de difficulté qu'à le bien remplir. Je vais décrire la méthode que j'emploie pour le faire à coup sûr.

Réſervoir qu'on doit mettre à l'extrémité du tube.

457 *f*. On ſoude ordinairement au haut du tube un réſervoir proportionné à la groſſeur de la boule, & c'eſt le moyen le plus commode pour y introduire le mercure. Cependant on peut employer une autre eſpèce de

réservoir, qu'on fait en roulant sur le tuyau même, une bande de papier fin, de deux ou trois pouces de largeur. Il en résulte un tuyau, qu'on lie fortement par un bout à l'extrémité du tube, & la partie qui dépasse celui-ci sert de réservoir. On peut ôter & remettre ce tuyau de papier, suivant le besoin : on l'ôte par exemple, dans le commencement de la première opération dont je vais parler, & on le remet, quand il s'agit d'introduire le mercure. Je me contente d'indiquer cette ressource, on pourra l'employer au défaut du réservoir de verre, que je supposerai dans la suite.

Manière de nettoyer le *tube* & d'en chasser l'air.

457 *g*. Comme il est difficile de connoître si un tube capillaire est parfaitement net & sec, il faut toujours opérer comme s'il ne l'étoit pas. D'ailleurs l'air qui tapisse tous les corps, s'oppose à la liberté des mouvemens du mercure dans les tuyaux étroits, le moindre obstable rompt sa colonne dans la descente. On doit encore éviter de laisser de l'air dans le tube, au moins en certaine quantité, parce qu'il décompose le mercure : il en réduit la surface en une poudre noirâtre, qui peu-à-peu salit le tube, au point de lui ôter sa transparence. Or le moyen de chasser l'air, est le même qui sert à nettoyer les tubes.

C'est en chauffant d'abord le *tube* seul.

457 *h*. Il faut étendre sur une plaque de fer, ou dans une *cassolette* assez longue, ou sur des briques, un petit feu mêlé de cendres, de la longueur du tube, qu'on y fera chauffer dans toute son étendue en même tems, jusqu'à ce que sa chaleur soit insupportable à la main.

Ce qui suppose qu'on emploiera un gant ou une pincette pour le manier sans se brûler. Dans cette première opération, il faut éviter d'échauffer la boule, on en verra bientôt la raison.

Et la boule ensuite.

457 *i.* L'effet de la chaleur communiquée au tube, est de dilater l'air qu'il renferme, de faire évaporer l'humidité qu'on y introduit le plus souvent en soufflant la boule, & de consumer de petites saletés imperceptibles qui peuvent s'y trouver. Pendant que l'air est ainsi raréfié, & que les particules nuisibles aux mouvemens du mercure flottent en vapeurs dans le canal, il faut chauffer brusquement la boule, en redressant le tube. L'air qu'elle renferme se dilatant aussi-tôt, chasse devant lui toutes ces impuretés, & laisse le tube aussi net & aussi vuide d'air qu'il est besoin.

Ce qui en chasse aussi l'air.

Manière d'introduire le mercure dans le réservoir,

457 *k.* Quand la boule est fortement échauffée, il faut verser du mercure dans le petit réservoir soudé au haut du tube. J'emploie, pour l'y introduire, le petit cornet de papier, qui sert en même tems à nettoyer le mercure. On peut, pour plus de commodité, arrêter sa révolution extérieure avec de la cire à cacheter.

Et dans la boule.

457 *l.* Quand le réservoir est à-peu-près plein, on retire la boule de dessus le feu. L'air s'y condense alors, & l'espace qu'il abandonne, est bientôt occupé par le mercure. On sait comment, en échauffant & refroidissant alternativement la boule, on parvient à la remplir presque totalement : ainsi je ne m'étendrai pas sur cette opération. Je dirai seulement qu'il faut, en remettant du mercure dans le

réservoir, s'il en est besoin, éviter qu'il ne se vuide entièrement : parce que si tout le mercure entre dans le Thermomètre, la pellicule & les autres saletés dont il se couvre toujours lorsqu'il est exposé à l'air, se rassemblant sur le dernier globule, sont entraînées dans le tube, & le salissent.

457 *m*. Quand la boule est à-peu-près remplie, il faut faire bouillir le mercure qu'elle contient, en la mettant sur des charbons ardens. L'air renfermé dans le mercure, & celui qui tapisse intérieurement la boule, se dilate & se rassemble entre le mercure & le verre, en une multitude de petites bulles, que les premiers bouillonnemens chassent hors du tube. Le mercure bout ensuite assez fortement, & s'élance dans le réservoir. Quand il en est sorti à-peu-près la sixième partie, on ôte la boule de dessus le feu. A l'instant le mercure se précipite dans la boule avec fracas.

Maniere de *purger d'air* le *mercure* qui est resté dans la *boule*.

C'est par cette opération qu'on acheve ordinairement de remplir le Thermomètre : mais j'y ai trouvé un inconvénient, que voici.

457 *n*. Le feu ne chasse l'air qu'en le dilatant ; il ne peut dont entièrement l'exclurre, & il reste toujours au-dessus du mercure qui bout dans la boule, de l'air dilaté, qui se condense lorsqu'on ôte le Thermomètre de dessus le feu. Cet air se rassemble & forme une petite bulle, qui s'arrête presque toujours à la naissance du tube. Quand elle n'en occupe pas tout le diamètre, le mercure dans ses mouvemens glisse à côté d'elle sans la déplacer : en ce cas l'inconvénient est petit. Mais

Inconvénient de la méthode ordinaire, qui laisse un peu d'*air* dans la *boule*.

dans les tuyaux capillaires, elle occupe le plus souvent toute la largeur du tube, ce qui fait qu'elle se meut avec le mercure, dont elle tient la colonne divisée. Et lorsqu'on a scellé le tube, cette bulle n'étant plus chargée du poids de l'air extérieur, se dilate & soulève le mercure. Elle se divise aussi quelquefois quand on transporte le Thermomètre, & sépare ainsi la colonne de mercure en plusieurs parties.

Le Therm. doit être rempli par deux opérations.

457*o*. Pour éviter ces inconvéniens, il ne faut pas achever de remplir le Thermomètre par l'opération dont je viens de parler, il faut, au contraire, ôter le mercure qui reste dans le *réservoir*, un instant après qu'on a retiré le Thermomètre de dessus le feu. Le *réservoir* ne fournissant plus de mercure, toute la colonne descend dans le boule par la condensation de celui qu'elle contient, & le tube restant absolument libre, la petite bulle d'air s'échappe.

Seconde opération.

457*p*. Je chauffe alors une seconde fois le tube dans toute sa longueur, mais successivement, en commençant depuis le bas, & en entretenant la chaleur de la boule, pour que le mercure l'occupe toujours toute entière, & que l'air n'y rentre plus. Il faut avoir du feu dans deux *cassolettes* de même hauteur. L'une sert à y faire passer le tube : le feu doit y être à l'un des bouts, soutenu par des cendres. L'autre est destinée à échauffer la boule, & presque uniquement par des cendres chaudes. Quand le tube est bien chaud auprès de la boule, j'échauffe un peu plus celle-ci. Le mercure, en se dilatant, remonte dans

le tube, & chasse, avec l'air qu'il renfermoit, l'humidité qui pouvoit s'y être introduite, & que le feu a réduite en vapeur. J'écarte peu-à-peu la *cassolette*, qui soutient la boule, pour que le tube passe successivement sur le feu de l'autre *cassolette*, & que la partie du tube qui se remplit de mercure, cesse de s'échauffer. Sans cette dernière précaution, le mercure pourroit bouillir dans le tube, ce qui rompt sa colonne. (Quand cela arrive, il faut en ôtant la boule de dessus le feu, y faire rentrer le mercure, pour qu'il se réunisse.) Pendant cette opération, je prends du mercure bien net dans mon entonnoir de papier, dont je tiens le bout pincé entre mes doigts, & dès que le mercure monté du Thermomètre, commence à paroître dans le réservoir, je lâche celui du cornet, & j'en laisse couler plus qu'il n'en faut pour remplir le Thermomètre, que j'ôte aussi-tôt de dessus le feu. Le mercure qui est remonté du tube, & celui qui est tombé du cornet, se réunissent & rentrent ensemble dans le Thermomètre, qui se remplit totalement. On peut le laisser dans cet état aussi longtems qu'on le veut, sans crainte que l'air ni l'humidité y pénètrent.

457 *q*. Il ne reste plus alors qu'à faire sortir du Thermomètre le superflu du mercure, & à le sceller. Pour cet effet, j'échauffe d'abord la boule dans ma main, en tenant le Thermomètre renversé: & quand la chaleur en a fait sortir une goute de mercure, je lui laisse reprendre la température de l'air. Par ce moyen, il reste au haut du tube un petit Préparation pour *sceller* le Thermom.

espace vuide. Alors, avec un chalumeau & à la flamme d'une chandelle, je réduis l'extrémité du tube en une pointe déliée, & assez longue pour pouvoir au besoin la rompre & la sceller plus d'une fois.

Opération pour faire sortir du Th. le superflu du mercure, & pour le *sceller*.

457 *r*. Je mets ensuite le Thermomètre dans de l'eau bouillante, en l'y plongeant peu-à-peu, pour que le superflu du mercure en sorte lentement. Quand il n'en sort plus, j'ôte le Thermomètre de l'eau bouillante, & l'essuyant promptement, je mets aussi-tôt sa boule sur un petit feu, couvert de cendres, & préperé d'avance. La promptitude est nécessaire, pour que le mercure n'ait pas le tems de se condenser, & l'air de rentrer dans le tube. Je laisse échauffer le Thermomètre, jusqu'à ce qu'il en soit sorti quelques gouttes de mercure, qui fassent la valeur des 4 à 5 dégrés dont j'ai supposé que la longueur du tube excédoit celle de l'échelle qu'on doit y appliquer, je scelle alors le Thermomètre, en fondant seulement l'extrémité de sa pointe, tandis que le mercure en est très-près, & je l'ôte au même instant de dessus le feu.

Manière de connoître si l'on n'a point fait sortir trop de mercure.

457 *s*. Il faut savoir ensuite si l'on n'a point fait sortir trop de mercure. On le connoît, en mettant le Thermomètre dans la *glace*, dont le point doit être un peu au-dessous de la 5me. partie de la longueur du tube, si l'on veut 20 dégrés au-dessous de *zéro*: on le connoît aussi en mettant le Thermomètre à l'eau bouillante, dont le point ne doit être que peu abbaissé au-dessous du sommet, si l'on n'a pas de la longueur de reste. Cette véri-

fication doit être faite avant d'accourcir la pointe, dont la longueur sert à ouvrir & sceller aisément le tube. Si la quantité du mercure est suffisante, il faut couper la pointe, en la fondant au chalumeau, pour que le Thermomètre soit scellé solidement.

457 *t.* Si l'on a fait sortir trop de mercure, ce qui peut arriver à ceux qui ne sont pas exercés, il faut en remettre : mais toujours en évitant que l'air ne rentre. C'est le cas alors d'employer le réservoir de papier dont j'ai parlé ci-devant (457 *f.*), en place du réservoir de verre qu'on a ôté en *tirant* le bout du tube *en pointe.*

Lorsqu'on est obligé d'en remettre, il faut éviter de laisser rentrer l'air dans le tube.

457 *u.* Quand le tuyau de papier sera préparé, avec sa ligature pour le contenir, on échauffera la boule, jusqu'à ce que le mercure remonte vers le sommet du tube. Dès qu'il s'en approchera, on rompra l'extrémité de la pointe, & l'on mettra le tuyau de papier au bout du tube, pour qu'il y serve de *réservoir.* La pointe étant ouverte, & le Thermomètre placé auprès du feu, de manière qu'il conserve le même dégré de dilatation, il faut prendre du mercure bien net dans le cornet de papier, & communiquer un peu plus de chaleur à la boule. Le mercure s'élèvera & formera une petite goutte à l'extrémité de la pointe : dans le même instant, on lâchera le mercure du cornet dans le réservoir de papier, en ôtant la boule de dessus le feu. Un instant suffit pour remplacer la petite quantité de mercure qui manquoit. Il faut donc aussi-tôt, ôter ce qu'il en reste dans le ré-

Manière d'y procéder.

ſervoir de papier, enlever ce réſervoir, remettre la boule ſur le feu, ſceller la pointe à l'inſtant où le mercure s'y préſente, & retirer le Thermomètre de deſſus le feu. Cette opération demande un peu d'habitude, les Amateurs s'en feront un amuſement, les Artiſtes en auront rarement beſoin.

Avantage de la manière de remplir le Therm. qui vient d'être décrite.

457 *x*. Lorſqu'on remplit un Thermomètre de la manière que je viens de décrire, le mercure eſt dans le *vuide*, coule librement le long du tuyau, à l'extrémité duquel il frappe comme au ſommet du Baromètre, & ſa colonne n'eſt point ſujette à ſe diviſer par les ſecouſſes les plus vives. Il faut avoir ſoin de rendre le verre aſſez épais au bout du tube, quand on le ſcelle, ſans quoi la colonne de mercure peut le rompre en le frappant, lorſqu'on renverſe bruſquement le Thermomètre. Cet accident m'eſt arrivé plus d'une fois, lorſque je n'avois pas pris cette précaution.

Précautions néceſſaires pour les Th. deſtinés à meſurer de grandes chaleurs.

457 *y*. Les Thermomètres deſtinés à meſurer de grandes chaleurs exigent des précautions particulières. Il faut ſur-tout empêcher qu'il n'y ait aucune bulle d'air. La plus petite *bulle* ſuffiroit pour favoriſer la formation des *vapeurs*, que le mercure tend à produire lorſqu'il eſt extrêmement échauffé, & dès qu'il ſe forme des *vapeurs* dans la boule ou dans le tube du Thermomètre, la colonne du mercure eſt irrégulièrement ſoulevée. J'ai déjà parlé de cet effet, à l'occaſion des Thermomètres d'eſprit-de-vin (423 *k*.)

457 *z*. La premiere précaution qu'on doit prendre

prendre pour prévenir cet inconvénient, c'est de faire bouillir plusieurs fois le mercure dans la boule, c'est-à-dire, jusqu'à ce qu'après s'y être précipité lorsqu'on le retire de dessus le feu (457 *m.*), on n'y apperçoive aucune *bulle*, excepté celle qui reste toujours engagée à la naissance du tube, & qu'on fait sortir comme je l'ai enseigné (457 *n. & suiv.*) Quelque petite que fût une *bulle* qui resteroit engagée entre le mercure & le verre, elle donneroit lieu à la formation des *vapeurs* mercurielles, lorsque le Thermomètre seroit exposée à la chaleur de l'huile bouillante, & la colonne de mercure seroit tout-à-coup soulevée. Il ne faut pas laisser dans le mercure la plus petite bulle d'air.

457 *aa.* La seconde précaution nécessaire, est de ne jamais renverser ces Thermomètres quand ils sont scellés, *jamais* absolument. Car en laissant couler le mercure dans le tube, une seule fois, il laisse un espace vuide dans la boule, où l'air qui est resté engagé entre les particules du mercure, se jette aussi-tôt, & il s'y forme une petite *bulle*, qu'on ne peut en chasser à cause de sa petitesse même, & qui suffit cependant pour accélérer la production des *vapeurs*. Il ne faut jamais renverser ces Ther[mometres].

457 *bb.* Une troisiéme précaution convenable pour ces Thermomètres, est de laisser un peu d'air dans le haut de leur tube, pour qu'il retienne le mercure, s'il tendoit à s'élancer. Pour cet effet, on peut les sceller dans l'huile d'olive échauffée au point de s'enflammer; & , en donnant au tube une ou deux lignes de longueur au-delà du point où par- Il faut laisser un peu d'air dans leur tube.

vient alors le mercure, il faut laisser cette partie pleine d'air. Quand le mercure sera condensé, cet air sera tellement dilaté, qu'il ne nuira point au Thermomètre, il ne s'insinuera point dans le mercure. Mais lorsque le mercure se dilatera de nouveau, jusqu'à s'approcher du sommet du tube, ce peu d'air se condensant, résistera à celui que renferme toujours le mercure, & l'empêchera de se rassembler pour former quelque *bulle*, capable de favoriser les *vapeurs*.

Quand on doit marquer les *term. fixes* sur le tube.

457 *cc*. Ce n'est qu'après avoir scellé le tube, qu'on doit y marquer les deux *termes fixes*. On les indique par des fils déliés, qu'on rend stables avec du vernis, ou simplement avec de l'eau gommée. Le premier point qu'on doit fixer est celui de *l'eau bouillante*, parce que dans cette opération, le fil qui marqueroit la température de la *glace qui fond* pourroit se déranger.

En les rapportant sur la monture, il faut *corriger* celui de *l'eau bouillante*.

457 *dd*. On rapporte ensuite ces deux points sur la monture, pour y tracer l'échelle : & c'est alors que, si le Baromètre a été sensiblement au-dessous ou au-dessus de 27 pouces pendant qu'on a pris le point de *l'eau bouillante*, on doit élever ou abbaisser ce point sur la monture, suivant la règle que j'ai indiquée (451 *f*, *& suiv.*).

De la Monture du Thermomètre.

458 *a*. Je vais finir ce qui regarde le Thermomètre, par quelques remarques sur sa *monture*.

Il convient, que la matière dont elle ſera faite, ſoit toujours la même, pour que l'effet de ſa dilatabilité par la chaleur ſoit égal ſur tous les Thermomètres: que cette matière ſoit le moins dilatable qu'il eſt poſſible; pour qu'elle ne diminue pas l'effet de la dilatabilité du mercure: que l'humidité ne l'affecte pas d'une maniere ſenſible, pour qu'il n'y ait point d'altération dans le mouvement du Thermomètre, & qu'elle ſoit peu denſe, pour qu'elle ne conſerve pas longtems la température d'un lieu, en paſſant dans un autre. Qualités que doit avoir la *monture* du Thermom.

458 *b*. Le *ſapin*, pris dans le ſens de ſa longueur, remplit toutes ces conditions. C'eſt pourquoi je l'ai toujours employé, tant pour le Baromètre, que pour le Thermomètre. Il peut ſervir de fond à la monture, lors même qu'on ſe propoſe de l'orner. La matière la plus convenable eſt le *ſapin*.

458 *c*. Il eſt néceſſaire de prendre quelques précautions, pour que dans les obſervations qui demandent de l'exactitude, on ſoit aſſuré de bien rapporter ſur l'échelle l'extrémité de la colonne de mercure. C'eſt pour cela qu'on loge quelquefois le tube dans une rainure, où il eſt enfoncé juſqu'à niveau de ſon axe. Par ce moyen, on évite la parallaxe que produit la différence d'éloignement de la colonne de mercure & de l'échelle, relativement à l'œil, différence qui fait rapporter trop haut l'extrémité de la colonne, quand l'œil eſt trop bas, & réciproquement. Mais j'emploie un moyen plus commode, & par lequel encore, la colonne de mercure eſt plus diſtincte que dans une rainure. Il faut quelque moyen de s'aſſurer qu'on rapporte bien la hauteur du mercure ſur l'échelle. Moyen ordinaire.

Autre moyen plus commode. 458 *d*. Ce moyen consiste simplement à prolonger derrière le tube, sur la monture toute plate, les traits qui marquent les dégrés. Ces prolongemens, qu'on voit au travers du tube, sont courbés par la réfraction, les uns vers le haut, les autres vers le bas; un seul reste droit, c'est celui qui est vis-à-vis de l'œil. Or en élevant ou abbaissant l'œil, jusqu'à ce que le trait qui est auprès de l'extrémité de la colonne soit celui qui ne souffre point de réfraction, on est sûr de bien observer.

Maniere de l'exécuter pour une seule échelle. 458 *e*. Si l'on ne met qu'une seule échelle au Thermomètre, on peut mener les traits d'un côté à l'autre, sans interruption; ce qui rend l'échelle plus aisée à faire. Mais si l'on y veut deux échelles, il ne faut prolonger que les traits de la principale, & seulement un peu au-delà de l'axe du tube: un quart de ligne d'excédent suffit, quand le tube n'a qu'un quart de ligne de diamètre intérieur. Ces excédens des traits étant réfléchis par le tube, produisent le même effet, que si les traits passoient tout au travers, & par conséquent ils servent de même à diriger l'œil. Pour que cet effet ne soit point troublé, il faut que les traits de l'autre échelle s'arrêtent à une ligne tracée sur la monture, à la place où l'œil rapporte le côté voisin du tube, lorsqu'on se tient vis-à-vis. Par ce moyen, les deux échelles paroissent se toucher de ce côté-là, & l'on peut les comparer très-exactement.

Position ordinaire de la boule sur la monture. 458 *f*. La maniere de placer la boule du Thermomètre dans la *monture*, dépend des usages auquel il est destiné. Dans la plupart des

cas, il convient qu'elle soit isolée autant qu'elle peut l'être; afin qu'elle participe par une plus grande surface, à la température du lieu où le Thermomètre est placé, & par une plus petite à celle de la *monture*. Il se conforme ainsi plus promptement aux changemens de température, soit dans un même lieu, soit lorsqu'on le transporte d'un lieu dans un autre. Il faut donc que l'enfoncement qui reçoit la boule soit très-grand, & qu'elle repose seulement sur son fond, mais solidement, pour que la position du tube sur l'échelle ne puisse pas changer.

458 *g*. Il est des cas où la boule doit être plus isolée encore, & d'autres où elle doit l'être moins. Les circonstances dirigeront dans ces cas particuliers: on en trouvera des exemples dans les divers usages que j'ai faits de cet instrument (490, 537.) Exceptions.



CHAPITRE TROISIEME.

Du Thermomètre d'esprit-de-vin, *accordé avec le* Thermomètre de Mercure, *pour l'usage du Public.*

Remarque sur le Ther. considéré comme un instrument de Physique.

458 *h*. JUSQU'ICI j'ai parlé du Thermomètre, comme d'un instrument à l'usage des Physiciens. C'est en l'envisageant sous ce point de vue, que je me suis attaché à le construire sur des principes sûrs & analogues à sa destination. Il falloit que les Physiciens pussent mesurer la *chaleur*, comme les Astronomes mesurent le *tems*; ou comme les Géomètres mesureroient l'*étendue*, si, accomplissant *un* beau vœu consacré sur le Monument de *Quito* (*a*), ils joignoient aux rapports qu'ils savent découvrir entre les parties de l'*étendue*, une première mesure commune, & indépendante de l'imitation.

Utilité de rapprocher les Therm. du Public de ceux des Physiciens.

Occupé de ce point de vue, uniquement physique, j'avois un peu négligé le Public. Mais près de publier cet Ouvrage, j'ai eu regret

(*a*) Entre plusieurs déterminations intéressantes que M. *de la Condamine* consacra sur un marbre à *Quito*, se trouve la longueur du *pendule à secondes* dans ce lieu, tracée sur une règle de bronze, au-dessous de laquelle on lit ces mots pleins de sens, & qui devroient avoir opéré une révolution dans les Mesures: *Mensuræ NATURALIS exemplar, UTINAM & UNIVERSALIS.*

de n'avoir pas fait quelques efforts pour remédier à cette confusion qu'on remarque presque toujours dans le langage des particuliers qui s'entretiennent de la châleur ; duquel il résulte des désavantages réels. On apperçoit sur-tout cette confusion depuis que les bains domestiques sont devenus d'un si grand usage en Médecine. Les Médecins sont souvent très-embarrassés d'indiquer aux Malades le dégré de chaleur qu'ils doivent donner à leur bain. D'ailleurs, la Physique est privée de bien des observations utiles, qui pourroient être faites dans des lieux ou dans des momens particuliers, si les Thermomètres qui sont répandus dans le Public avoient un certain dégré d'exactitude.

Raison d'espérer qu'on pourra obtenir des Ouvriers qu'ils se conforment à quelque règle.

Ces considérations m'ont fait examiner si l'on ne pourroit pas obtenir du commun des Artistes, ce dégré de régularité désirable, sans exiger d'eux plus de soin qu'ils ne peuvent en donner. J'ai cru voir que cela n'étoit pas impossible, quoique je sache bien que le moindre asservissement leur déplaît. Mais s'ils s'y sont soustraits jusqu'à présent, parce qu'ils trouvoient à débiter des Thermomètres faits au hazard, il n'en sera pas de même, lorsque le Public sera informé, qu'il y a dans la construction de ces instrumens des Règles aussi nécessaires que faciles à suivre.

Il faut consentir à conserver les Therm *d'esprit-de-vin* au Public.

458 *i*. La première condition à laquelle je crois qu'il faut consentir, pour procurer au Public des Thermomètres passables; c'est d'y conserver l'*esprit-de-vin*. Car quoiqu'il soit plus difficile de faire un Thermomètre d'*esprit-de-*

vin qu'un Thermomètre de *mercure*, lorsqu'on veut le règler par lui-même (423 *a* & s.), il est vrai cependant que, pour l'opération simple d'introduire le liquide dans son tube, l'*esprit-de-vin* exige moins de tems & de soin. Il est d'ailleurs moins coûteux: & par cette raison, comme par la premiere, j'ai senti qu'on ne parviendroit jamais à le proscrire entièrement des Thermomètres. C'est un motif de plus pour chercher à l'y rendre utile.

Parce qu'ils sont plus faciles à remplir que ceux de *mercure*, & moins coûteux.

Les Thermomètres d'*esprit-de-vin* ont d'ailleurs un avantage qui est de quelque importance pour l'usage ordinaire: c'est qu'on les observe plus aisément. Quand on est parvenu à l'âge où la vue s'affoiblit, ou lorsque le Thermomètre est placé dans un lieu qui ne reçoit que peu de lumière, ou encore lorsqu'on le met hors d'une fenêtre, pour l'observer au travers de la vître sans l'ouvrir, l'*esprit-de-vin* colosé est plus commode que le *mercure*.

Et parce que l'*esprit-de-vin* est plus visible.

Choix de l'*esprit-de-vin*,

458 *k*. En accordant aux Artistes de continuer à faire des Thermomètres d'*esprit-de-vin* pour le Public, on peu bien exiger d'eux une condition, qui ne sera ni difficile ni bien coûteuse; c'est de n'employer que de bon *esprit-de-vin* dans ceux qu'ils voudront construire suivant la Règle dont je vais parler. Cependant, comme je donnerai à ces Thermomètres des *termes fixes* moins distans qu'aux Thermomètres de *mercure*, de petites différences dans la qualité de l'*esprit-de-vin*, seront peu sensibles (446 *a* & s.).

Et des *tubes*.

458 *l*. Une attention plus indispensable, que je demanderois des Artistes, seroit de calibrer

tous leurs Tubes, & de mettre à part ceux qui seront de diamètre bien égal, pour n'employer que ceux-là aux Thermomètres dont je parle. Les autres Tubes leur serviront à mille usages pour lesquels l'égalité du diamètre est inutile, & même pour des Thermomètres qu'ils continueroient de vendre à ceux qui ne regardent qu'au bon marché.

458 *m*. Ce ne seroit pas en exigeant des Artistes qu'ils fissent supporter aux Thermomètres d'*esprit-de-vin* la chaleur de l'*eau bouillante*, qu'on pourroit attendre d'eux de la régularité. Cette opération est trop longue, & quelquefois trop difficile, pour des ouvriers qui doivent vivre de l'emploi de leur tems, & dont l'ouvrage ne porte pas assez visiblement des indices du tems emploié. Il falloit donc chercher quelque point commun plus facile à saisir, & nous le trouverons dans la comparaison avec le Thermomètre de *mercure*. Les Ther. *d'esprit-de-vin* ne devront pas être réglés à l'*eau bouill.* Mais par comparaison avec le Ther. de *mercure*.

458 *n*. On remplira d'abord ces Thermomètres à la manière ordinaire; & après avoir tiré le bout du tube en pointe, on mettra la boule dans de l'eau, dont la chaleur soit à-peu-près à 60 *dégrés* du Thermomètre de *mercure*. Il faut que l'*esprit-de-vin*, dilaté par ce dégré de chaleur, remplisse le tube jusqu'à son sommet, qu'on scellera alors. On tiendra ensuite ces Thermomètres suspendus pendant vingt-quatre heures, pour laisser à l'air renfermé dans l'*esprit-de-vin* le tems de s'en dégager en montant au haut du tube. S'il formoit des bulles le long de la colonne, on les feroit sortir comme à Remarques sur la manière de remplir ces Therm. *d'esp.-de-vin.*

l'ordinaire, en faiſant tourner le Thermomètre au bout d'une ficelle.

Etalon pour les Therm. d'eſp.-de-vin. 458 *o.* L'opération ſuivante demande un Thermomètre de *mercure* bien exact. Chaque Artiſte devra en avoir un, qui ſervira d'*Etalon* à tous ſes Thermomètres d'*eſprit-de-vin*. Je ne parlerai pas de la manière de le conſtruire; je l'ai détaillée ci-devant. Je ſuppoſe donc ce Thermomètre, & je dirai ſeulement, qu'il faut que ſa boule ait au moins 9 à 10 *lignes* de diamètre, pour qu'il ne ſoit pas trop *ſenſible*.

Le 40e. dégré du Ther. de mercure, choiſi pour terme de comparaiſon avec les Th. d'eſp.-de-vin. 458 *p.* On marquera ſur ſon Tube le 40e. *dégré*, avec une ſoie très mince & fortement liée, & l'on attachera ce Thermomètre ſur une eſpèce de *chaſſis* de bois, couvert d'un vernis qui réſiſte à l'eau tiède, & de la forme de celui qui eſt repréſenté dans la *Figure Ire*. de la *Planche* ſuivante. Ce *chaſſis* ſera auſſi deſtiné à recevoir les Thermomètres d'*eſprit-de-vin*, qu'on y retiendra par des fils, comme on le voit dans la même *Figure*. J'y ai repréſenté par un ſimple contour ponctué, un de ces Thermomètres à comparer à l'*Etalon*.

Monture de l'Etalon.

Opération pour déterminer le 40e. dégré ſur le Ther. d'eſp.-de-vin. 458 *q.* Le Thermomètre d'*eſprit-de-vin* étant poſé ſur le *chaſſis*, on prendra un vâſe qui ait au moins 8 à 10 *pouces*, tant de diamètre que de hauteur: plus il ſera grand, plus l'opération ſera ſûre. On remplira ce vâſe d'eau aſſez chaude pour faire monter le mercure dans l'*Etalon* au-deſſus du *fil* qui marquera le 40e. *dégré*. On placera un autre *fil* ſur le tube du Thermomètre d'*eſprit-de-vin*, vers le point où l'on jugera que cette liqueur pourra s'abbaiſſer

quand le *mercure* parviendra au *fil* de l'autre Thermomètre. On agitera l'eaü de tems en tems, pour que sa température soit égale autour des deux boules, & l'on abbaissera le *fil* du Thermomètre d'*esprit-de-vin*, de manière qu'il marque enfin exactement le point où se trouvera l'extrémité supérieure de sa colonne, au moment où celle de la colonne de *mercure* arrivera au *fil* du 40ᵉ. *dégré.* Il faudra alors arrêter le *fil* du Thermomètre d'*esprit-de-vin* avec un peu d'eau gommée, pour qu'il ne se dérange pas.

458 *r.* Le 40ᵉ. *dégré* étant marqué sur le Thermomètre d'*esprit-de-vin*, on le mettra dans de la *glace* pilée & disposée à fondre (438 *c.*), en l'y enfonçant jusqu'au point où l'*esprit-de-vin* s'arrêtera. On marquera aussi ce point par un *fil*, qu'on rendra fixe avec un peu d'eau gommée. Fixation du point *zéro* dans la *glace fondante.*

458 *s.* Il s'agira ensuite de diviser l'intervalle des deux *fils* en 40 parties, correspondantes aux 40 *dégrés* du Thermomètre de *mercure*. C'est ce qu'on fera aisément par le moyen de l'*Echelle* représentée dans la *Figure* 2. de la *Planche* suivante. Mais pour l'intelligence de cette *Echelle*, il faut que je rappelle d'abord, que, par une expérience dont j'ai parlé ci-devant (418), j'ai déterminé les rapports des *marches* des Thermomètres de *mercure* & d'*esprit-de-vin*, dont j'ai donné une *Table* (415 *oo.*). Je préfère cependant à cette *Table*, celle que j'ai formée d'après la *Loi* à laquelle j'ai réduit la marche de l'*esprit-de-vin* (415 *ss.*); parce que, comme je l'ai Rapports des *marches* des Therm. d'*esp.-de-vin* & de *mercure.*

dit (415 *tt.*), je crois que les différences qui sont entr'elles, sont des défauts dans l'observation.

Formation de l'échel. du Therm. d'esprit-de-vin. 458 *t.* Dans ces deux *Tables*, le 40ᵉ. *dégré* du Thermomètre de *mercure*, correspond également à 35, 1 sur le Thermomètre d'*esprit-de-vin*; & dans la derniere, que je préfère, les *intervalles* du Thermomètre d'*esprit-de-vin*, correspondans à ceux du Thermomètre de *mercure* de 5 en 5 *dégrés*, sont 3. 9, 4. 0, 4. 2, 4. 3, 4. 5, 4. 6, 4. 7, 4. 9, dont la somme est 35. 1. Ainsi, faisant égal à 351 l'intervalle des deux *fils*, sur tout Thermomètre d'*esprit-de-vin*, & divisant cet intervalle en 8 parties inégales selon les nombres 39, 40, 42, 43, 45, 46, 47, 49, en commençant par le fil inférieur, on aura les points du Thermomètre d'*esprit-de-vin*, qui correspondent aux points 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, du Thermomètre de *mercure*. Et divisant chacun de ces nouveaux intervalles en 5 parties égales (parce que les différences peuvent être négligées dans un si petit espace), on aura l'*Echelle* du Thermometre d'*esprit-de-vin*, jusqu'au 40ᵉ *dégré* au-dessus de 0. En suivant la même *Loi* pour la prolongation de l'*Echelle* au-dessous de ce point, c'est-à-dire, en posant de suite, avec un compas, 38, 37, 36, 34 *parties* de la même *Echelle*, on aura sur le Thermometre d'*esprit-de-vin*, les points correspondans à — 5, — 10, — 15, 20, du Thermometre de *mercure*.

Mais cette opération est longue, & peut-être trop délicate pour la plupart des ouvriers en verre; & c'est à la rendre plus courte & plus

aisée, que j'ai destiné l'*Echelle* dont je vais parler à présent.

458 *u*. Aux extrémités de la ligne o, o (*Figure* 2.) j'ai élevé les perpendiculaires inégales o, 1 & o, 100; l'une de 351 *parties* d'une certaine Echelle, l'autre d'un même nombre de *parties* d'une autre Echelle. J'ai supposé que la longueur de la ligne o, 1 étoit la plus petite distance des *fils* sur un Thermomètre d'*esprit-de-vin* (& en effet il ne conviendroit pas qu'elle fût moindre, parce que les *dégrés* du Thermomètre deviendroient trop petits), & que la longueur de la ligne o, 100 étoit la plus grande distance entre ces *fils* (il seroit superflu qu'elle le fût davantage). J'ai divisé ces deux lignes, & leurs prolongemens au-dessous de la ligne o, o, comme je viens de l'expliquer pour l'*Echelle* même des Thermomètres d'*esprit-de-vin*. J'ai tiré ensuite des lignes droites, de chacun des points de la première de ces *Echelles*, aux points correspondans de l'autre *Echelle*, & j'ai tracé enfin toutes les *parallèles* numérotées 2, 3, 4, 5 &c. qui se terminent à la plus élevée & à la plus abbaissée des lignes *obliques*. Formation d'une *échelle* qui donnera immédiatement celles des Therm. *d'esp.-de-vin*.

Je n'ai pas besoin de prouver que toutes ces *parallèles*, perpendiculaires à la ligne o, o, se trouvent ainsi divisées par les lignes *obliques*, dans les mêmes proportions que la première & la dernière dont j'ai parlé; & que par conséquent chacune de ces lignes *parallèles*, peut être l'*Echelle* d'un *Thermomètre* d'*esprit-de-vin*.

458 *x*. Je suppose à présent que l'on ait marqué par des *fils* sur un Thermomètre de cette Usage de cette *échelle*.

espèce, les points correspondans à 0 & à 40 sur le Thermomètre de *mercure*. On prendra la distance de ces *fils* avec un compas, & faisant parcourir à l'une de ses pointes la ligne 0,0, on cherchera celle des lignes perpendiculaires à celle-là, qui s'élévera au-dessus d'elle de l'ouverture du compas, soit de la quantité dont les *fils* du *Thermomètre* se seront trouvés distans, & cette ligne sera l'*Echelle* cherchée. Je ne détaillerai pas la manière de tracer cette *Echelle* sur la *monture* du *Thermomètre*, & je me contenterai de dire, qu'il conviendra d'y marquer d'abord les points correspondans aux *fils*, & de placer ensuite les points intermédiaires, pris de suite sur les intersections de la ligne choisie avec les lignes *obliques*, de 5 en 5; mais il faudra le faire d'abord légèrement, afin qu'on puisse s'assurer, que les huit intervalles inégaux de 5 en 5 *dégrés*, occuperont exactement l'intervalle total de 40 *dégrés*. On prendra le même précaution pour la division en 5 parties égales de chacun de ces premiers intervalles.

Il arrivera sans doute très-souvent, qu'aucune de ces lignes perpendiculaires à la ligne 0,0, ne se trouvera exactement de la grandeur cherchée. Mais on y suppléera aisément, en traçant sur la même *Figure* 2, au crayon ou avec une pointe, une nouvelle ligne, placée convenablement entre les deux plus approchantes, dont l'une se sera trouvée trop longue, & l'autre trop courte.

On voit donc qu'avec un *Etalon* bien fait, & un *Echelle* semblable à la *Figure* 2, ou cette

Figure elle-même, on pourra très-aisément construire des Thermomètres *d'esprit-de-vin*, suffisamment d'accord avec le *Thermomètre de mercure*, pour que tous ceux qui les emploieront s'entendent entr'eux, & que leurs observations puissent quelquefois être utiles aux Physiciens.

458 *y*. Il est vrai que la plupart des Ouvriers en verre, occupés de travaux fatiguans, & dont les mains sont presque toujours sales d'huile ou de noir de fumée, ne sont guères en état de faire eux-mêmes des Echelles exactes & propres. C'est ce qui leur fait employer le plus souvent ces Echelles imprimées, ou ces montures dont l'Echelle, tracée au hazard, est couverte de vernis. Or quelle exactitude peut-on attendre d'une pareille pratique! Je leur en conseillerois une, qui leur seroit presqu'aussi commode, en même tems qu'elle conviendroit bien mieux au Public.

Conseil aux Ouvriers en verre, pour leur procurer de bonnes *échelles* à leurs Ther.

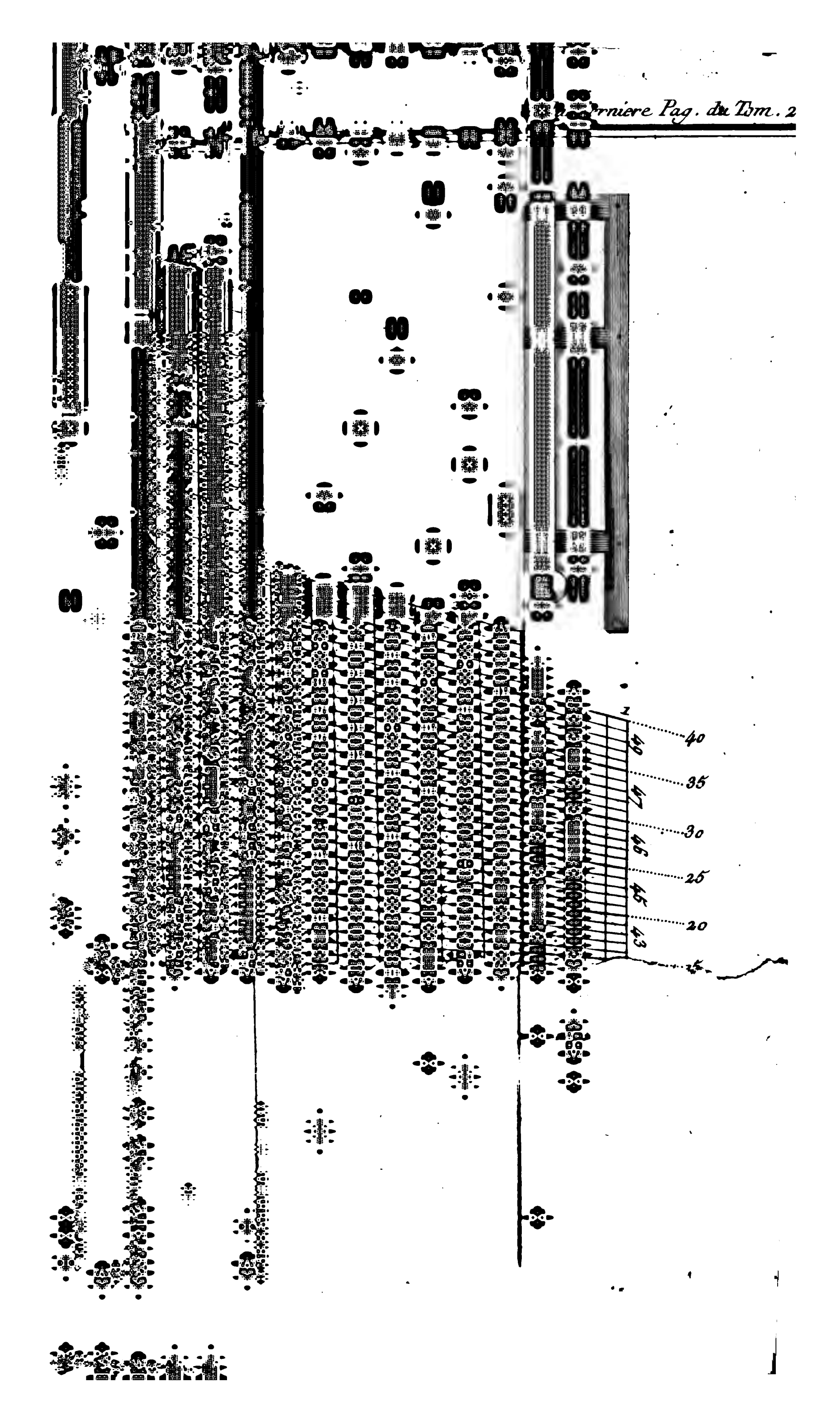
Les jeunes-gens qui prennent du goût pour la Physique expérimentale, commencent presque toujours par s'occuper de Baromètres & de Thermomètres. A cet âge on est ordinairement borné dans ses moyens de dépense, & je suis convaincu qu'il s'en trouveroit toujours, qui, très capables de faire des *Echelles*, échangeroient volontiers ce travail, contre des verres soufflés suivant leurs besoins. Je conseille donc aux Artistes qui voudront s'acquérir la réputation de bien faire les Thermomètres, de ne point négliger ce moyen, s'ils ne sont pas en état d'y suppléer par eux-mêmes. Ou plutôt, je conseille aux jeunes-gens à qui

cette petite ressource seroit utile, d'en faire comprendre l'avantage aux Ouvriers dont ils auront besoin.

Nécessité du concours du desir du Public & des soins des Physiciens, pour la réforme des *Ther.*

458 *z*. Ce dernier conseil me donne lieu à une nouvelle réflexion. En écrivant sur la construction du Baromètre & du Thermomètre, dans l'intention que ces Instrumens, qui peuvent être si utiles à la Physique, le deviennent en effet, je n'ai pas espéré d'être lu par la plupart de ceux qui les fabriquent, & j'ai moins attendu encore de leur voir suivre mes conseils par leur propre mouvement. Cette fabrication est pour eux un métier, chaque métier a ses habitudes, & l'on a plus de gain à les suivre, qu'à chercher la perfection. Ce n'est donc que par le desir du Public, & par les soins des Physiciens, que ces Ouvriers pourront changer leurs habitudes.

Fin du Tome I. & de la II. Partie.



…rniere Pag. du Tom. 2
1
40
49
35
47
30
46
25
45
20
43